

# **Simulação do Comportamento Térmico de um Edifício de Serviços Recorrendo ao Software de Simulação TRACE700**

**Trabalho Realizado na Protermia – Projectos Térmicos Industriais e  
de Ambiente, LDA**

*Esteban Imanuel da Silva de Jesus*

**Relatório de Dissertação do MIEM**

Orientador na Empresa: Engenheiro Jorge Neves

Orientador na FEUP: Prof. Dr. Clito Afonso



**FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Março 2010



*Ao meu pai, João e ao meu irmão, Cláudio*

*In memoriam*



## Resumo

O presente trabalho desenvolveu-se no âmbito da disciplina de Dissertação do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, opção de Energia Térmica, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP. Trabalho, este, realizado em parceria com a empresa Protermia, uma empresa da área de energia térmica, situada na região metropolitana do Porto. Teve como principal objectivo a simulação do comportamento térmico de um edifício de serviços na óptica de projecto e certificação energética, recorrendo ao software de simulação dinâmica detalhada comercial, TRACE700.

Para alcançar este objectivo, foi estudado um edifício de serviços situado na cidade de Coimbra, mais precisamente, um edifício de escritórios com uma pequena loja e um armazém. De modo a estudar o edifício em causa, foi realizado um levantamento exaustivo por forma a ser possível caracterizar os elementos construtivos, definir os sistemas de ventilação e climatização, iluminação, ocupação e equipamentos. Depois de realizado o levantamento, um modelo de simulação foi criado, com base na informação obtida acerca do edifício em estudo, no software de simulação detalhada TRACE700.

Após criação do modelo, este foi simulado e posteriormente calibrado. Constatou-se que o erro obtido na simulação do modelo, em relação aos consumos eléctricos, era de 6,52% quando comparado com a factura eléctrica. Com o modelo calibrado observou-se que os maiores consumos eléctricos verificam-se na iluminação interior e nos equipamentos que, a par com os ganhos solares pelos envidraçados, mais contribuem para as necessidades térmicas do edifício, especialmente as de arrefecimento. Ao modificar o modelo para as condições, segundo a legislação nacional (SCE, RCCTE, RSECE), nominais de utilização e funcionamento, concluiu-se que o edifício estava dispensado de um plano de racionalização energética e, também, que este alcançava a classe C de desempenho energético.

Por fim, foram propostas uma série de medidas com o intuito de melhorar o desempenho/eficiência energética do edifício. As medidas passam por aplicar películas selectivas (protecção solar), implementar uma única unidade de tratamento de ar novo com recuperador de calor (a substituir todas as unidades existentes, sem recuperador de calor) e implementação de um sistema de microgeração fotovoltaico. Ao simular-se a aplicação das medidas enunciadas anteriormente, o edifício obteve a classe B- de desempenho energético.



## **Thermal behaviour simulation of an office building using the TRACE700 simulation software**

### **Abstract**

The present thesis was developed in the framework of the subject “Dissertação” of the 5<sup>th</sup> year of the Integrated Master’s degree in Mechanical Engineering at FEUP, branch of Thermal Energy. This thesis was done in partnership with the company Protermia which is situated in the metropolitan region of Porto and whose area of expertise is in thermal energy. The main objective of this thesis is the thermal behaviour simulation of an office building, in light of project and energetic certification, using the TRACE700 commercial simulation software.

To reach this objective an office building, located in the city of Coimbra, was selected. This office building also comprises a small store and a warehouse. In order to study this building, a thorough survey was made, in which it was possible to characterize the building envelope, define the heating, ventilation and air conditioning systems, the lighting, the occupancy and the equipments existent in the building. Upon the conclusion of the survey, a simulation model of the building, based in the information obtained, was created in the TRACE700 simulation software.

After its creation the model was simulated and afterwards calibrated. It was noted that the error obtained in the simulation, in relation to the electric consumption, was of 6,52% when compared to the electric bill. With the model calibrated it was observed that the internal lighting systems together with the equipments, that are present in the building, are the biggest electric energy consumers. Also, it was noticed that the thermal needs, in particular those of cooling, are dominated by the solar heat gains due to the building’s glazing, the lighting systems and the equipments present. In modifying and simulating the created model, according to national legislation (SCE, RCCTE, RSECE), for standard conditions of utilization and operation, it was concluded that the building did not need an mandatory energy rationalization plan (PRE), in addition to this, the building attains the C rank in energy performance.

Finally, series of measures, with the intent of enhancing the building’s energy performance, were proposed. These measures include the application of a glazing film (to reduce the solar heat gains), the implementation of a single air handling unit with a heat recovery device (substituting the existing makeup air units that do not possess heat recovery devices) and the implementation of a photovoltaic microgeneration system. Simulating the measures proposed the building attains the B- rank in energy efficiency.





## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar quero agradecer à Protermia, pela oportunidade concedida de realizar o presente trabalho nesta empresa. A todos, os que nela contribuíram para que este trabalho chegasse a bom porto, registo a minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador na empresa, o Engenheiro Jorge Neves, o apoio prestado, a sua disponibilidade e pela sua visão prática e objectiva com que me ajudou a encarar as vicissitudes, apresentadas pelo trabalho, de modo a alcançar o objectivo definido.

Agradeço ao meu orientador na faculdade, o Professor Clito Afonso, pelo auxílio dado ao longo da realização do trabalho e, também, pela maneira como me assistiu na criação da “ponte” entre as vertentes académica e prática deste trabalho.

Agradeço ao Engenheiro Ricardo Marques, sua valiosa disponibilidade na realização deste trabalho e, também, o apoio dado aquando da utilização do software de simulação detalhada TRACE700.

Agradeço, também, a minha mãe Fátima, a meu irmão Octávio e a meu tio Teotónio. Não há palavras que descrevam fielmente a imensa gratidão, alegria e privilégio que sinto por poder contar convosco! Ao precioso apoio e disponibilidade manifestada, especialmente ao longo deste trabalho/fase, obrigado.

Por fim, quero agradecer a todos os meus Amigos e Amigas (com “A maiúsculo”), que à sua maneira, directa ou indirectamente, contribuíram para que Eu chegasse a onde cheguei. Espero poder retribuir-vos da melhor forma possível.

AD ASTRA PER ASPERA



## Índice Geral

1. Introdução .....	3
1.1 Apresentação da empresa .....	3
1.2 Objectivo .....	4
1.3 Edifício de escritórios – Generalidades .....	5
1.4 Legislação em Portugal .....	6
1.5 Software de simulação dinâmica detalhada - TRACE700 .....	7
2. Edifício de serviços em estudo .....	11
2.1 Localização .....	11
2.2 Descrição e caracterização dos elementos construtivos .....	12
2.2.1 Dados gerais .....	12
2.2.2 Descrição detalhada piso-a-piso .....	13
2.2.2.1 Piso -1 .....	13
2.2.2.2 Piso 0 .....	15
2.2.2.3 Piso 1 .....	21
2.2.2.4 Pisos 2 a 8 .....	26
2.2.2.5 Piso 9 (Cobertura) .....	36
2.2.2.6 Caracterização térmica das soluções construtivas .....	41
2.2.2.7 Pontes térmicas planas e lineares .....	44
2.2.2.8 Determinação da temperatura dos espaços não úteis - $\theta_a$ .....	45
2.3 Definição dos sistemas de ventilação e climatização .....	46
2.3.1 Climatização .....	46
2.3.1.1 Bombas de calor – Breve síntese .....	46
2.3.1.2 Sistema VRV .....	48
2.3.1.3 Sistema de UTAN .....	50
2.3.2 Ventilação mecânica .....	52
2.4 Iluminação .....	54
2.5 Ocupação .....	56
2.6 Equipamentos .....	57
2.7 Elevadores .....	58
3. Modelação em TRACE700 .....	61
3.1 Modelação .....	61
4. Simulações .....	83
4.1 Simulação dinâmica real .....	83
4.1.1 Perfis de utilização real .....	83
4.1.2 Resultados .....	84
4.1.2.1 Desagregação dos consumos energéticos por utilização final .....	84
4.1.2.2 Calibração do modelo de simulação .....	87
4.2 Simulação dinâmica nominal .....	88
4.2.1 Indicador de eficiência energética – IEE .....	88

4.2.1.1	Dados nominais .....	90
4.2.1.2	Resultados obtidos nas simulações dinâmicas detalhadas nominais .....	94
4.2.1.3	Determinação das necessidades máximas de aquecimento e arrefecimento .....	96
4.2.1.4	Determinação do IEE <sub>NOMINAL</sub> e verificação do requisito legal .....	100
4.2.2	Classe energética do edifício .....	104
5.	Medidas propostas para aumento de eficiência energética .....	109
5.1	Sistema de microgeração fotovoltaico .....	109
5.1.1	Descrição do sistema proposto, orçamento e energia produzida .....	109
5.1.2	Remuneração .....	110
5.1.3	Retorno de investimento – Simples.....	114
5.2	Medidas de redução de consumo energético .....	115
5.2.1	Aplicação de películas de protecção solar .....	115
5.2.2	Substituição das UTAN já existentes por uma única UTAN com recuperador de calor .....	119
5.2.3	Películas de protecção solar em simultâneo com a UTAN com recuperador .....	129
5.2.4	Classe energética .....	132
6.	Conclusões .....	141
7.	Referências bibliográficas .....	147
Anexo A	– Fichas TRACE700: Simulação real mais necessidades térmicas e simulação nominal .....	151
Anexo B	– Implementação das medidas de eficiência energética (Resultados, Fichas TRACE700) .....	153
Anexo C	– Medidas de eficiência, simulações nominais, FichasTRACE700.....	157
CD	.....	Capa

## Índice Figuras

Figura 1.1	- Logótipo da empresa Protermia.....	3
Figura 1.2	– Diagrama funcional do TRACE700 .....	8
Figura 2.1	- Imagem aérea do edifício em estudo .....	11
Figura 2.2	- Edifício em estudo, Edifício B designado por “Bloco B” .....	12
Figura 2.3	- Corte transversal do edifício B .....	12
Figura 2.4	- Planta do piso -1 .....	13
Figura 2.5	- Demarcação das zonas do tecto do piso -1 em contacto com os vários ambientes .....	14
Figura 2.6	- Planta do piso 0 .....	15
Figura 2.7	- Envolvente exterior do piso 0.....	16
Figura 2.8	- Sombreamentos externos presentes no piso 0.....	18
Figura 2.9	- Envolvente interior piso 0.....	20
Figura 2.10	- Planta piso 1 .....	21
Figura 2.11	- Envolvente exterior piso 1.....	22
Figura 2.12	- Sombreamento externo presente no piso 1 .....	23
Figura 2.13	- Envolvente interior piso 1.....	25

Figura 2.14 - Identificação dos espaços, pisos 2 a 8 .....	26
Figura 2.15 - Detalhe piso 2.....	26
Figura 2.16 - Detalhe piso 3.....	26
Figura 2.17 - Detalhe piso 4.....	26
Figura 2.18 - Detalhe piso 5.....	26
Figura 2.19 - Detalhe pisos 6 a 8.....	26
Figura 2.20 - Envolvente exterior pisos 2 a 4.....	28
Figura 2.21 - Envolvente exterior pisos 5 a 8.....	28
Figura 2.22 - Sombreamento externo, antecâmara piso 5 e circulações pisos 6 a 8.....	32
Figura 2.23 - Sombreamento externo, openspace pisos 2 a 8 .....	32
Figura 2.24 - Envolvente interior, Pisos 2 a 4 .....	34
Figura 2.25 - Envolvente interior, detalhe piso 2.....	34
Figura 2.26 - Envolvente interior, detalhe piso 3.....	34
Figura 2.27 - Envolvente interior, detalhe piso 4.....	34
Figura 2.28 - Envolvente interior, pisos 5 a 8.....	34
Figura 2.29 – Planta piso 9 (Cobertura).....	36
Figura 2.30 - Envolvente exterior piso 9 .....	37
Figura 2.31 - Sombreamento externo piso 9.....	38
Figura 2.32- Envolvente interior piso 9 .....	39
Figura 2.33 - Esquema simples de uma bomba de calor.....	46
Figura 2.34 - Diagramas T-S e P-h.....	47
Figura 2.35 - Unidades exteriores Mitsubishi PUHY-P200YGM-A.....	48
Figura 2.36 - Exemplo unidade interior Mitsubishi PEFY-P-VMM-E .....	48
Figura 2.37 - UTAN EVAC Gama UC .....	50
Figura 2.38 - Bomba de calor reversível CIAT AQUACIAT2 350V .....	51
Figura 2.39 - Ventilador de extração das casas de banho.....	52
Figura 2.40 - Luminárias de montagem encastrada 4x14W .....	54
Figura 3.1 - Navegador de projecto (Project Navigator).....	61
Figura 3.2 – Definição do clima (Coimbra).....	62
Figura 3.3 - Janela Create Templates, aba “Internal Load” .....	63
Figura 3.4 - Aba “Single Sheet”.....	63
Figura 3.5 - Aba “Rooms” .....	64
Figura 3.6 - Aba “Roofs” .....	64
Figura 3.7 - Aba “Walls” .....	65
Figura 3.8 - Aba “Airflows” .....	66
Figura 3.9 - Aba “Partn/Floors” .....	66
Figura 3.10 – “Aba Selection” .....	67
Figura 3.11 - Janela que surge ao seleccionar o botão "Advanced" na aba "Selection" .....	67
Figura 3.12 - Create systems, aba "Options" .....	68
Figura 3.13 - Create systems, aba “Dedicated OA” .....	69
Figura 3.14 - Create Systems, aba "Temp/Humidity".....	69
Figura 3.15 - Create systems, aba “Fans” .....	70
Figura 3.16 - Create systems, aba “Coils” .....	70
Figura 3.17 - Indicação do sistema desligado.....	71

Figura 3.18 - Janela associada ao "Assign Rooms to Systems" .....	71
Figura 3.19 - Create plants, aba "Configuration" .....	72
Figura 3.20 - Create plants, aba "Cooling equipment" .....	72
Figura 3.21 - Definições do equipamento de arrefecimento .....	73
Figura 3.22 - Create plants, aba "Heating Equipment" .....	74
Figura 3.23 - Create plants, aba "Base Utility/Misc. Utility" .....	75
Figura 3.24 - Assign System to Plants .....	76
Figura 3.25 - Janela "Calculate and View Results" .....	77
Figura 3.26 - Parâmetros de carga térmicas .....	77
Figura 3.27 - Parâmetros energéticos .....	78
Figura 3.28 - Janela "View Results" .....	78
Figura 3.29 - Janela "Library / Template Editors" .....	79
Figura 3.30 - Biblioteca de climas .....	79
Figura 3.31 - Biblioteca dos perfis de utilização .....	80
Figura 3.32 - Biblioteca Elementos construtivos opacos (P. ex.: Paredes) .....	80
Figura 3.33 - Biblioteca para vidros .....	80
Figura 3.34 - Biblioteca de sombreamentos .....	80
Figura 4.1 - Perfil considerado .....	83
Figura 4.2 - Desagregação dos consumos de energia .....	85
Figura 4.3 - Necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento .....	86
Figura 4.4 – Perfil ocupação para "Pequenas Lojas", RSECE .....	90
Figura 4.5 – Perfil ocupação para "Escritórios", RSECE .....	90
Figura 4.6 - Perfil iluminação para "Pequenas Lojas", RSECE .....	91
Figura 4.7 - Perfil iluminação para "Escritórios", RSECE .....	91
Figura 4.8 - Perfil equipamento para "Pequenas Lojas", RSECE .....	91
Figura 4.9 – Perfil equipamento para "Escritórios", RSECE .....	91
Figura 4.10 – Caudais nominais, dupla possibilidade, RSECE .....	93
Figura 4.11 – Condições a verificar, N.º6 do Artigo 3º do Despacho N.º10250/2008 .....	104
Figura 5.1 – Desagregação dos consumos de energia eléctrica após aplicação da película .....	117
Figura 5.2 – Necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento após aplicação da película .....	117
Figura 5.3 - Definição do sistema VRV único .....	124
Figura 5.4 - Definição do recuperador de calor de fluxo cruzados (Fixed-plate HX) .....	124
Figura 5.5 - Definição das potências de ventilação .....	125
Figura 5.6 - Definição das potências de aquecimento e de arrefecimento .....	125
Figura 5.7 - Desagregação dos consumos de energia eléctrica após aplicação da UTAN com recuperador de calor .....	127
Figura 5.8 - Necessidades térmicas de aquecimento e arrefecimento após aplicação da UTAN com recuperador de calor .....	127
Figura 5.9 - Desagregação dos consumos eléctricos para a medida proposta .....	130
Figura 5.10 - Necessidades de aquecimento e de arrefecimento ao aplicar a medida proposta .....	130

## Índice Tabelas

Tabela 2.1 - Áreas .....	14
Tabela 2.2 – Áreas de pavimento e pé-direito dos espaços úteis .....	15
Tabela 2.3 - Loja .....	16

Tabela 2.4 – Átrio principal .....	17
Tabela 2.5 - WC.....	17
Tabela 2.6 – Sala para equipamentos AVAC .....	17
Tabela 2.7 – Factores solares, $g_L$ .....	17
Tabela 2.8 – Dimensões dos sombreamentos externos presentes no piso 0.....	19
Tabela 2.9 – Quantificação das áreas .....	20
Tabela 2.10 – Áreas de pavimento e pé-direito dos espaços úteis.....	21
Tabela 2.11 – Escritórios/Openspace .....	22
Tabela 2.12 - Factores solares, $g_L$ .....	23
Tabela 2.13 – Dimensões do sombreamento externo .....	24
Tabela 2.14 - Quantificação das áreas piso 1.....	25
Tabela 2.15 – Áreas de pavimento e pé-direito dos espaços úteis.....	27
Tabela 2.16 - Áreas úteis para cada piso e pé-direito.....	28
Tabela 2.17 - Envolvente exterior openspace pisos 2 a 4 .....	29
Tabela 2.18 - Envolvente exterior openspace pisos 5 a 7 .....	29
Tabela 2.19 - Envolvente exterior antecâmara 5 e circulação pisos 6 e 7 .....	30
Tabela 2.20 - Envolvente exterior openspace piso 8 .....	30
Tabela 2.21 - Envolvente exterior antecâmara piso 8.....	30
Tabela 2.22 - Envolvente exterior WC piso 8.....	31
Tabela 2.23 - Factores solares, $g_L$ .....	31
Tabela 2.24 - Dimensões do sombreamento externo .....	33
Tabela 2.25 - Quantificação das áreas, pisos 2 a 4 .....	35
Tabela 2.26 - Quantificação das áreas, pisos 5 a 8 .....	35
Tabela 2.27 - Áreas de pavimento e pé-direito .....	36
Tabela 2.28 - Envolvente exterior antecâmara piso 9.....	37
Tabela 2.29 - Envolvente exterior casa das máquinas .....	37
Tabela 2.30 - Factores solares, $g_L$ .....	38
Tabela 2.31 - Dimensões do sombreamento externo piso 9.....	39
Tabela 2.32 - Quantificação das áreas .....	39
Tabela 2.33 - Envolvente exterior escadaria de emergência .....	40
Tabela 2.34 – Características técnicas dos materiais.....	42
Tabela 2.35 – Coeficiente de transmissão dos vãos envidraçados .....	43
Tabela 2.36 - valores de $\tau$ e temperatura de espaços não úteis .....	45
Tabela 2.37 - Variantes presentes no edifício.....	49
Tabela 2.38 – Distribuição de unidades interiores .....	49
Tabela 2.39 - Características das unidades exteriores .....	49
Tabela 2.40 - Caudais insuflados pelas UTAN .....	51
Tabela 2.41- Características importantes sobre a bomba de calor reversível .....	51
Tabela 2.42 - Ventiladores de insuflação.....	52
Tabela 2.43 - Ventiladores de extracção .....	53
Tabela 2.44 - Consumos das lâmpadas .....	54
Tabela 2.45 - Iluminação por espaço e potência total.....	55
Tabela 2.46 - Ocupação .....	56
Tabela 2.47 - Levantamento dos equipamentos por espaço .....	57

Tabela 2.48 - Consumos eléctricos dos equipamentos.....	57
Tabela 2.49 - Potência total dos equipamentos por espaço.....	57
Tabela 2.50 - Dados e informações sobre os elevadores presentes no edifício em estudo.....	58
Tabela 4.1 - Consumos obtidos por simulação dinâmica .....	85
Tabela 4.2 – Densidades .....	92
Tabela 4.3 - Caudais nominais de ar .....	93
Tabela 4.4 – Caudais nominais corrigidos .....	93
Tabela 4.5 – Consumos nominais para a pequena loja .....	94
Tabela 4.6 – Consumos nominais para os escritórios.....	94
Tabela 4.7 – Necessidades de aquecimento e arrefecimento.....	95
Tabela 4.8 – Desagregação por aquecimento e arrefecimento das bombas e ventiladores .....	95
Tabela 4.9 - $Q_{AQ}$ , $Q_{ARR}$ e $Q_{OUT}$ .....	96
Tabela 4.10 – $Q_{AQ}$ corrigido .....	96
Tabela 4.11 – Necessidades máximas de arrefecimento.....	96
Tabela 4.12 – Número de Graus-dia.....	97
Tabela 4.13 – Áreas envolvente exterior pequena loja .....	98
Tabela 4.14 – Áreas envolvente exterior escritórios .....	98
Tabela 4.15 – Áreas equivalentes envolvente interior pequena loja .....	98
Tabela 4.16 – Áreas equivalentes envolvente interior escritórios .....	98
Tabela 4.17 – Necessidades máximas de aquecimento .....	99
Tabela 4.18 – Dados para pequena loja e escritórios .....	101
Tabela 4.19 – Valores limite dos consumos específicos, $IEE_{Referência}$ .....	102
Tabela 4.20 – Valores de referência .....	105
Tabela 5.1 - Energia produzida mês a mês.....	110
Tabela 5.2 - Coeficientes .....	113
Tabela 5.3 – Total anual do valor de remuneração pago ao produtor.....	113
Tabela 5.4 - Consumos eléctricos antes e depois da aplicação da película .....	116
Tabela 5.5 - Rede de conduta de insuflação.....	121
Tabela 5.6 - Rede de conduta de retorno.....	121
Tabela 5.7 - Dimensionamento dos ramais.....	122
Tabela 5.8 - Perda de carga total.....	123
Tabela 5.9 - Consumos eléctricos antes e depois da aplicação da UTAN com recuperador de calor .....	126
Tabela 5.10 - Consumos eléctricos antes e depois da combinação da película mais UTAN com recuperador de calor .....	129
Tabela 5.11 – Consumos nominais para a pequena loja .....	132
Tabela 5.12 – Consumos nominais para os escritórios.....	133
Tabela 5.13 – Necessidades de aquecimento e arrefecimento.....	134
Tabela 5.14 – Desagregação por aquecimento e arrefecimento das bombas e ventiladores .....	134
Tabela 5.15 - $Q_{AQ}$ , $Q_{ARR}$ e $Q_{OUT}$ .....	135
Tabela 5.16 - $Q_{AQ}$ corrigido .....	135
Tabela 5.17 – Dados para pequena loja e escritórios .....	135
Tabela 5.18 - $IEE_{NOMINAL}$ por tipologia segundo as medidas de eficiência energética.....	136
Tabela 5.19 - $IEE_{NOMINAL,Ponderado}$ por segundo cada medida de eficiência energética .....	136
Tabela 5.20 – Valores de referência .....	137
Tabela 5.21 – Classe energética segundo cada medida de eficiência energética .....	137



# Capítulo 1

## *Introdução*

Apresentação da empresa

Objectivo

Edifício de escritórios – Generalidades

Legislação em Portugal

Software de simulação detalhada – TRACE700



## 1. Introdução

### 1.1 Apresentação da empresa

Este trabalho foi realizado em parceria com a empresa Protermia (Fig. 1.1), uma empresa da área de energia térmica, situada na região metropolitana do Porto. De seguida apresenta-se uma breve descrição sobre esta empresa.

A Protermia é uma empresa com perto de 30 anos de existência. Criada na década de 80 do século passado o seu raio de acção engloba, mas não é limitado a: Produção e conservação de energia; Racionalização de energia na indústria, edifícios e em espaços urbanos; Fontes renováveis de energia; Domínio do tratamento ambiente. Esta empresa fornece serviços para todo o território nacional (continente e ilhas).

Mais especificamente esta empresa possui a capacidade de realizar/analizar projectos: de centrais de cogeração a gás natural, diesel e na produção de energia a partir de recursos renováveis; sobre qualidade do ambiente; auditorias energéticas; serviços de assessoria à optimização das soluções e seus respectivos custos energéticos. E, com particular interesse para este trabalho, energia em edifícios.

Na área de energia em edifícios esta empresa lida com: Análise e optimização térmica da envolvente e dos sistemas; Projectos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC); Projectos de redes de fluidos (por exemplo: gases combustíveis, medicinais, vácuo, despoeiramento, vapor de água, ar comprimido); Auditorias energéticas nos edifícios de serviços.



Figura 1.1 - Logótipo da empresa Protermia

## 1.2 Objectivo

Este trabalho contempla vários objectivos, sendo que o principal é o de simular o comportamento térmico de um edifício de serviços na óptica de projecto, recorrendo ao software comercial de simulação dinâmica detalhada “*TRACE700*” produzido pela *TRANE*, uma empresa situada nos Estados Unidos da América.

Para alcançar este objectivo com sucesso é importante compreender o lugar da simulação dinâmica no universo de projecto de um edifício de serviços novo ou existente, de como simulação dinâmica pode contribuir para que, em tempo útil, se consiga ver onde é que se pode melhorar o desempenho térmico/energético do edifício em análise. Assim, no caso de novos edifícios, quando estes ainda estão na fase de projecto, desenvolver-se um projecto de raiz mais eficiente, mais económico e com menor pegada ambiental. Ou, no caso de edifícios existentes, propor melhorias de modo a que, mais ou menos (depende de como o edifício foi pensado e, consequentemente, construído), se consiga tornar o edifício existente mais eficiente do que era.

É, também, objectivo deste trabalho compreender quais são os elementos que mais contribuem para a factura energética, em particular, para o edifício de serviço em estudo.

Em Portugal existe legislação<sup>1</sup> que condiciona o projecto (e respectiva aprovação para construção) de edifícios, como este trabalho de simulação incide na óptica de projecto todos os inputs<sup>2</sup> das simulações efectuadas estão, onde aplicável, subordinados à legislação. É objectivo, devido ao edifício escolhido e dado ser um trabalho realizado em empresa, realizar este relatório de modo a que no final, e de acordo com a legislação portuguesa, obtenha-se o índice de eficiência energética (IEE) e respectiva classificação<sup>3</sup>, propondo em seguida soluções que visem melhorar esses dois parâmetros.

---

<sup>1</sup> SCE (Decreto-Lei n.º 78/2006), RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006) e o RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006).

<sup>2</sup> Os elementos necessários (pormenores construtivos, tipos de sistemas instalados, etc.) para modelar o edifício o software de simulação.

<sup>3</sup> Sistemas de certificação energética (SCE), Despacho n.º 10250/2008.

### 1.3 Edifício de escritórios – Generalidades

Como o alvo de estudo deste trabalho é um edifício de serviços, mais precisamente, um edifício de escritórios segue-se uma breve introdução sobre este tipo de edifícios.

Tipicamente os edifícios de escritórios são constituídos por espaços periféricos e por espaços internos. A zona periférica estende-se de 3 a 3,6m para o interior do edifício em relação a envolvente exterior, em geral, possuem grandes áreas de envidraçados. Estes espaços podem estar muito compartimentados.

As zonas periféricas tem cargas térmicas bastante variáveis devido à posição do Sol ao longo do dia e do estado do tempo, geralmente requerem aquecimento no inverno. Na Primavera e no Outono alguns dos lados do edifício podem requerer aquecimento enquanto os outros podem requerer arrefecimento, no entanto os espaços interiores geralmente necessitam de arrefecimento durante o ano todo devido às cargas internas presentes (iluminação, equipamentos e ocupação). A climatização dos espaços interiores é, usualmente, feita recorrendo a sistemas de volume de ar variável com controlo sobre situações de baixa ou nenhuma carga.

Geralmente os edifícios de escritórios são ocupados, aproximadamente, entre as 8h e as 18h. Mas pode acontecer que, certos edifícios, possam ser ocupados por alguns funcionários das 5h30 até às 19h. Inclusivamente, certas operações (manutenção, por exemplo) podem requerer horários nocturnos.

Os edifícios de escritórios podem conter lojas de comércio, centros de impressão, centros de comunicação, estações emisoras, salas de computadores, que podem ter um período de funcionamento de 24h por dia. Portanto, para dimensionar um sistema AVAC eficiente, torna-se necessário estabelecer concretamente as características de utilização do edifício de escritórios aquando da etapa de projecto.

Neste tipo de edifício as taxas de ocupação variam consideravelmente, por exemplo, nos espaços destinados à contabilidade a densidade máxima é de aproximadamente  $7\text{m}^2/\text{ocupante}$  de área útil de pavimento, enquanto em gabinetes privados a densidade de ocupação pode atingir os  $2\text{m}^2/\text{ocupante}$ .

A carga térmica devido à iluminação num edifício de escritórios constitui uma parte significativa do total de cargas térmicas presentes no edifício. As cargas eléctricas associadas à iluminação e aos equipamentos podem situar-se entre os 50 e os  $110\text{W}/\text{m}^2$ . Um levantamento exaustivo deverá ser efectuado a cerca da quantidade, tamanho e tipo de sistemas informáticos presentes ao longo da vida útil do edifício, de modo a poder ser efectuado um correcto dimensionamento dos sistemas AVAC sem, no entanto, esquecer a possibilidade de ser necessário acautelar futuras instalações para estes sistemas.

Devido às variadíssimas funções e designs que podem caracterizar um edifício de escritórios, torna-se possível aplicar quase todos os tipos de sistemas AVAC existentes.

(2007 ASHRAE Handbook – HVAC Applications; p.3.6)

## 1.4 Legislação em Portugal

Actualmente, na Europa, o sector de edifícios consome, aproximadamente, cerca de 40% da energia final. É possível que mais de 50% deste consumo possa ser reduzido através da aplicação de medidas de eficiência energética. Julga-se que com estas medidas a Europa possa obter uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, dar um importante passo no sentido de honrar os compromissos assumidos em relação ao protocolo de Quioto (ADENE).

E é com este espírito que surge a Directiva N.º 2002/91/CE do parlamento europeu e conselho de 16 de Dezembro, relativo ao desempenho energético dos edifícios. Portugal, como país membro da união europeia, em 2006, transpôs para a ordem jurídica nacional esta directiva por meio de três Decretos-Lei:

- O Decreto-Lei N.º 78/2006 de 4 de Abril – Sistema nacional de certificação energética “SCE”;
- O Decreto-Lei N.º 79/2006 de 4 de Abril – Regulamento dos sistemas energéticos e de climatização “RSECE”;
- O Decreto-Lei N.º 80/2006 de 4 de Abril – Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios “RCCTE”.

O RCCTE define as regras a respeitar em projecto no que diz respeito a edifícios de habitação e de edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados. Com este regulamento os requisitos de conforto térmico (aquecimento e arrefecimento), de ventilação (qualidade do ar interior) bem como as necessidades de águas quentes sanitárias devem ser supridas sem uso excessivo de energia. Também, neste regulamento, é objectivo minimizar anomalias nos elementos de construção por acção de condensações superficiais ou internas com efeito nefasto na vida útil dos elementos construtivos e qualidade do ar interior. E não só, são também estabelecidos requisitos mínimos de qualidade para novos edifícios a nível de envolvente (paredes, envidraçados, pavimentos e coberturas) com o intuito de limitar as perdas térmicas (estação de aquecimento) e os ganhos solares excessivos (estação arrefecimento). Concluindo, salvo indicação em contrário, a aplicação do RSECE pressupõe a aplicação do RCCTE.

O RSECE impõe condições que tem de ser respeitadas no projecto de novos sistemas de climatização. São condições que obrigam a uma compatibilização dos requisitos de conforto térmico e de qualidade do ar interior com sistemas de climatização energeticamente eficientes. Este regulamento limita os consumos máximos de energia nos grandes edifícios de serviços (novos ou existentes), focando principalmente a climatização, previsíveis sob condições nominais de funcionamento para edifícios novos ou edifícios existentes alvo de grandes obras de reabilitação que venham a possuir novos sistemas de climatização abrangidos pelo RSECE. São, também, definidos limites à potência dos sistemas de climatização a instalar nos edifícios. Obriga, igualmente, à realização de auditorias periódicas aos edifícios de serviços de modo garantir a conformidade legal.

O SCE trata da aplicação regulamentar, especialmente, das condições de eficiência energética, o emprego de sistemas que recorram a fontes renováveis de energia e, também, às condições que garantam a qualidade do ar interior. Tudo em concordância com o RSECE e o RCCTE. São também objectivos do SCE certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior dos edifícios e, por fim, identificar possíveis medidas correctivas ou de melhoria de desempenho, exequíveis, nos edifícios e respectivos sistemas energéticos associados.

## 1.5 Software de simulação dinâmica detalhada - TRACE700

Neste subcapítulo aborda-se o software de simulação detalhada, TRACE700, bem como a temática das simulações detalhadas e suas vicissitudes.

O software de simulação detalhada, TRACE 700 (V.6.1.2), é um programa largamente difundido a nível de projecto. Trabalha em ambiente Windows oferecendo ao utilizador um guia para construção do modelo. Uma desvantagem é que é uma ferramenta de código fechado não permitindo a criação de novos tipos de sistemas de climatização ficando o utilizador limitado aos sistemas incluídos de origem. A criação dos sistemas com os equipamentos a estes associados são apresentados em termos de árvore, com a selecção de equipamentos para um dado sistema(s), para uma instalação, feito da forma simplificada do tipo *drag-and-drop*. (Roriz,L; p.120; 2007)

A simulação dinâmica não é mais que um método para analisar o desempenho energético avaliando, quantitativamente, os potenciais consumos de energia num edifício e de seus sistemas, segundo determinadas condições de trabalho e funcionamento. Pela simulação torna-se possível conhecer aspectos como necessidades de aquecimento e arrefecimento de um edifício, ganhos internos provenientes da sua utilização e dos elementos exteriores, perdas pela envolvente, desagregação de consumos aos mais diversos níveis (por exemplo: ventilação, iluminação, tipo de combustível), entre outros. Sendo, portanto, uma importante ferramenta para ensaiar várias soluções de projecto na operação e funcionamento de edifícios.

Em particular, na simulação dinâmica detalhada, o cálculo é processado de forma dinâmica e em regime não estacionário, tipicamente numa base horária, para um período de um ano em que a entrada de dados, cálculo e resultados parcelares ou globais, segue um modelo característico. Neste modelo inclui-se a descrição do edifício (envolvente, espaços e utilização), a descrição dos sistemas de climatização e o seu controlo, a descrição da central térmica e, também, parâmetros económicos de suporte a análise de viabilidade económica. (D.1; Manual de “Perguntas e respostas RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE)

Na Fig. 1.2 está representado um diagrama com a organização funcional do TRACE700. No capítulo 3 deste relatório encontra-se uma descrição sumária do processo de modelação.

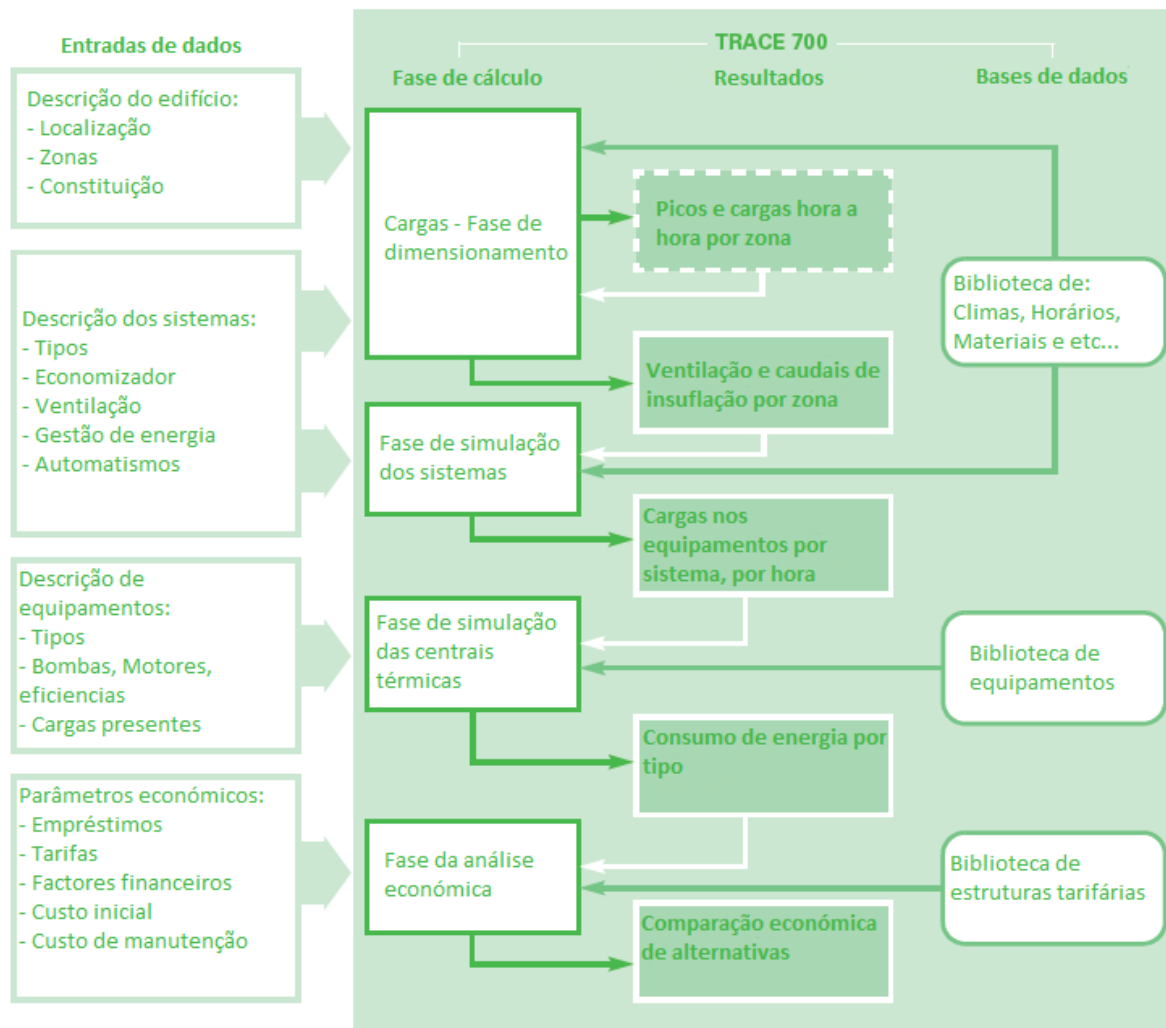


Figura 1.2 – Diagrama funcional do TRACE700 (Adaptado de TRACE700 User's Manual p.2-1)

Para um dado programa de simulação dinâmica detalhada poder ser utilizado para simular um edifício (por exemplo, de modo a determinar o índice de eficiência energética - IEE), este programa tem que estar acreditado pela norma ASHRAE 140-2004 (N.º do Artigo 30º; Decreto-Lei 79/2006; p.2428).

Esta norma, ASHRAE 140-2004, busca minimizar as diferenças com origem nos próprios programas de simulação. Esta norma avalia as capacidades térmicas e aplicabilidade de cada software. Para tal são simulados casos teste em concordância com a norma, permitindo um enquadramento que possibilita a validação dos resultados nas vertentes analítica, comparativa e empírica. (Roriz, L; P.121; 2007)



# Capítulo 2

## *Edifício de serviços em estudo*

Localização

Descrição e caracterização dos elementos construtivos

Definição dos sistemas de climatização e ventilação

Iluminação

Ocupação

Equipamentos

Elevadores



## 2. Edifício de serviços em estudo

### Resumo do capítulo

Neste capítulo é descrito integralmente o edifício em estudo, isto é, a nível geográfico, a nível de envolvente, os sistemas AVAC presentes, equipamentos, ocupação, iluminação e sombreamentos, ou seja, tudo o que é necessário para modelar (Não esquecendo a aplicação da legislação, RCCTE e RSECE) satisfatoriamente o edifício em TRACE700.

### 2.1 Localização

A nível geográfico este edifício encontra-se localizado na cidade de Coimbra, com uma altitude  $z$ , de aproximadamente 125 m.

Sabendo que a altitude onde se encontra localizado o edifício é inferior a 400 m, segundo o RCCTE o edifício encontra-se na seguinte zona climática:

- $I_1-V_2N$

Com as seguintes características:

- Número de graus-dia: 1460°C.dias;
- Duração da estação de aquecimento: 6 meses;
- Temperatura externa de projecto: 30,6°C;
- Amplitude térmica: 13°C.

Na Fig. 2.1 encontra-se uma imagem aérea do edifício em estudo.



Figura 2.1 - Imagem aérea do edifício em estudo

## 2.2 Descrição e caracterização dos elementos construtivos

### 2.2.1 Dados gerais

Trata-se de um edifício de serviços existente apelidado de “Edifício B”, com 11 pisos. De seguida apresenta-se a finalidade de cada um dos pisos:

- Piso -1: Armazém;
- Piso 0: Uma pequena loja e um átrio principal;
- Pisos 1 a 8: Escritórios no formato de open-space;
- Piso 9: Cobertura, casa das máquinas e central térmica.

Possui:

- Área útil com cerca de 2491 m<sup>2</sup>;
- Pé direito médio correspondente a 2,51 m;
- Orientação a sul.

Este edifício pertence a um complexo com mais outros dois edifícios, também de serviços. Sendo que deste complexo um dos edifícios (o “Edifício A”) é adjacente ao edifício em estudo (“o Edifício B”) – Fig. 2.2. Na Fig. 2.3 mostra-se um corte transversal do edifício.

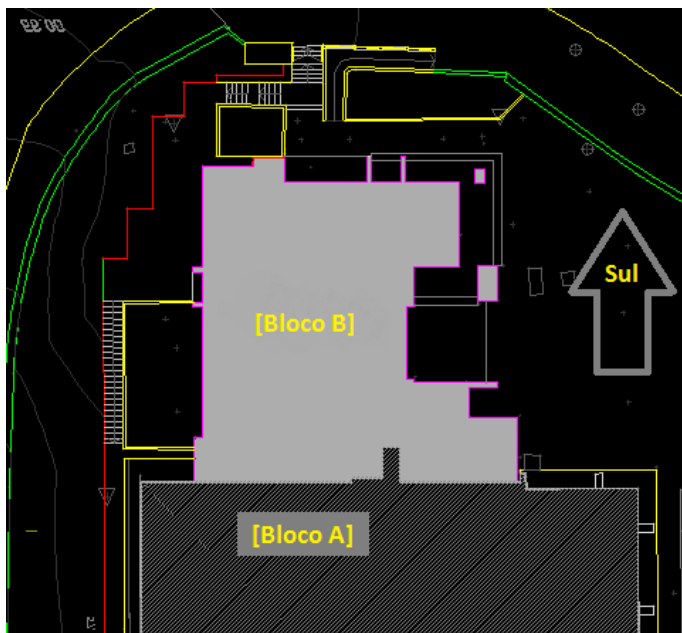


Figura 2.2 - Edifício em estudo, Edifício B designado por “Bloco B”



Figura 2.3 - Corte transversal do edifício B

## 2.2.2 Descrição detalhada piso-a-piso

### 2.2.2.1 Piso -1

A Fig.2.4 mostra a planta do piso -1.

Este piso serve de armazém para o edifício. É composto por quatro arrecadações (1), uma antecâmara (2) que serve de ligação para escadarias de emergência (6), o hall de elevadores (4), uma circulação (3) e um acesso interior ao edifício A (5).

Dado ser um espaço cuja finalidade é servir de armazém, segundo o RCCTE<sup>4</sup>, classifica-se de espaço não útil.

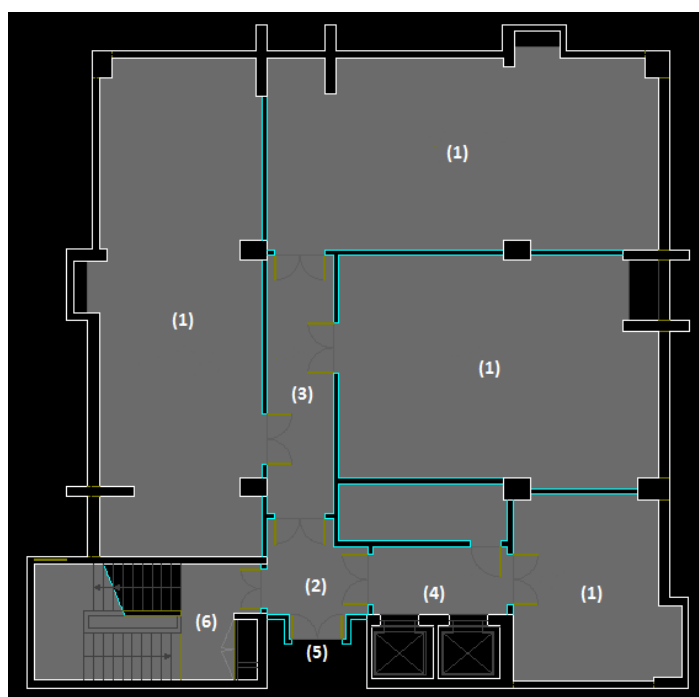


Figura 2.4 - Planta do piso -1

<sup>4</sup> Definições, Anexo II – Alínea z) – RCCTE, Decreto-Lei n.º 80/2006 – p.2476

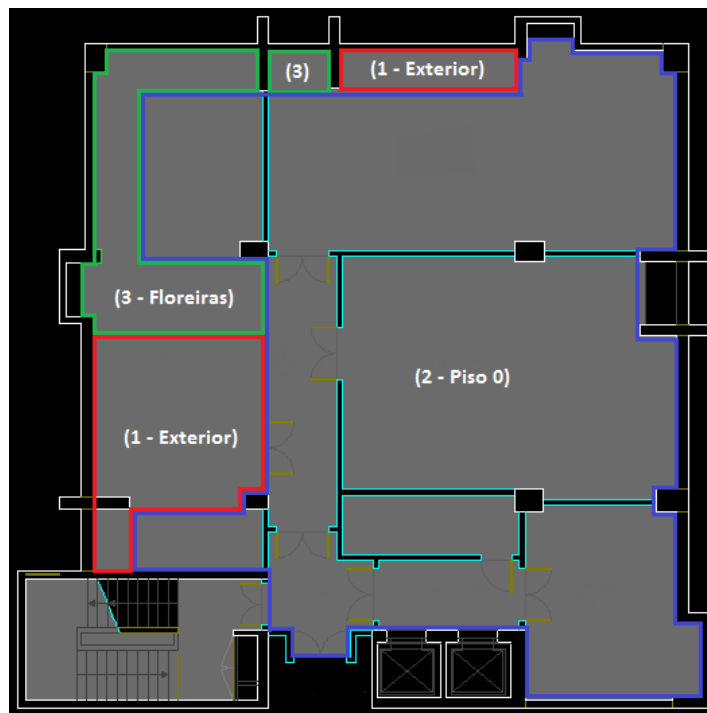


Figura 2.5 - Demarcação das zonas do tecto do piso -1 em contacto com os vários ambientes

Em relação à envolvente, estando o piso -1 enterrado, todas as paredes e o pavimento encontram-se em contacto directo com o solo.

Ao nível do tecto este armazém contacta com três ambientes diferentes. Ver Fig. 2.5. Como se pode ver na planta mostrada pela Fig. 2.5, o tecto do armazém está em contacto directo com o exterior (1 – demarcado a vermelho), em contacto com o piso 0 (2 – demarcado a azul) e em contacto com floreiras situadas no piso 0 (3 – demarcado a verde).

Interiormente, os diversos sub-espacos (arrecadações, hall de elevadores, etc.) encontram-se separados por paredes constituídas por tijolo de 11cm, rebocado e pintado dos dois lados. Na Tabela 2.1 apresenta-se as áreas associadas a este piso.

Tabela 2.1 - Áreas

Descrição:	A [m <sup>2</sup> ]
Área de pavimento (Pé-direito [m])	267,08 (3,23)
Área do tecto em contacto com o exterior	34,35

### 2.2.2.2 Piso 0

A Fig. 2.6 mostra a planta do piso 0.

Este é o piso térreo, como tal, serve de acesso principal a todo o prédio. Na Fig. 2.6 identifica-se de 1 a 8 todas as zonas que constituem este piso.

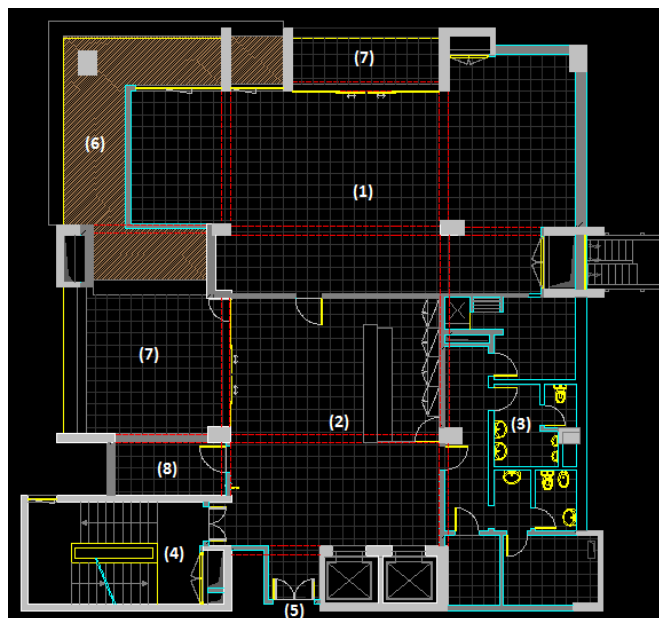


Figura 2.6 - Planta do piso 0

- 1) Loja para comércio e serviços para o público em geral;
- 2) Átrio principal com receção e acesso aos elevadores;
- 3) Casas de banho para homens, mulheres e deficientes, tendo ainda vestiários para ambos os sexos;
- 4) Escadaria de emergência;
- 5) Acesso ao edifício adjacente A;
- 6) Floreiras exteriores;
- 7) Átrio exterior coberto;
- 8) Sala para equipamentos AVAC.

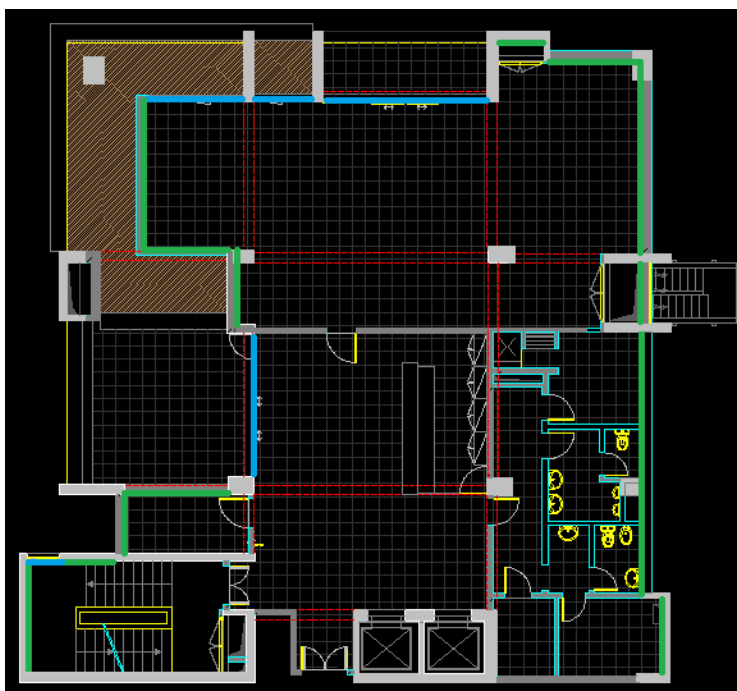
Na Tabela 2.2 apresenta-se as áreas de pavimento e o pé-direito correspondentes aos espaços úteis (a distância entre pisos é de 3,23m, sendo que a variação do pé-direito prende-se com a existência de tectos falsos, de altura variável, para passagem de condutas e alojamento de equipamentos):

Tabela 2.2 – Áreas de pavimento e pé-direito dos espaços úteis

Descrição:	A [m <sup>2</sup> ]	Pé-direito [m]
Loja	100,35	2,51
Átrio principal	64,04	2,55
WC	41,98	2,40
Sala para equipamentos AVAC	6,81	3,23
Área útil total/Pé-direito médio ponderado	213,18	2,52

### ***Envolvente exterior:***

Na Fig. 2.7 mostra-se a envolvente exterior do piso 0. Demarcado a verde está envolvente opaca exterior. Em azul está demarcado os vãos envidraçados exteriores.



**Figura 2.7 - Envolvente exterior do piso 0**

Nas Tabelas de 2.3 a 2.6 expõem-se com mais detalhe a envolvente exterior que caracteriza os espaços úteis deste piso, a nível de áreas de paredes, envidraçados e respectivas orientações.

### ***Loja:***

**Tabela 2.3 - Loja**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
P_Sul 1	Sul	16,15	9,75 (60,4)
P_Sul 2	Sul	5,57	1,67 (30)
P_Sul 3	Sul	8,72	2,78 (31,9)
P_Sul 4	Sul	12,76	-
P_Este	Este	21,45	-
P_Oeste	Oeste	22,61	-
P_Norte	Norte	8,27	-



*Átrio principal:*

**Tabela 2.4 – Átrio principal**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
P_Este	Este	14,15	9,11 (64,3)

WC:

**Tabela 2.5 - WC**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
P_Oeste	Oeste	27,78	-

*Sala para equipamentos AVAC:*

**Tabela 2.6 – Sala para equipamentos AVAC**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
P_Sul	Sul	10,17	-
P_Este	Este	5,75	-

**Sombreamentos:**

**- Internos**

Neste piso todos os envidraçados possuem, como dispositivo de sombreamento interno, cortinas opacas de cor clara. Na Tabela 2.7 mostra-se os factores solares associados aos vão envidraçados. Para obter os valores seguintes recorreu-se à tabela IV4.1 e ao quadro V.4 do RCCTE.

**Tabela 2.7 – Factores solares, g<sub>⊥</sub>**

Descrição	Factor solar, g <sub>⊥</sub>
Factor solar para vidro duplo incolor, (4 a 8) mm + 5 mm	0,75
Factor solar com o a protecção solar activa a 100% - Vidro duplo, cortinas opacas de cor clara	0,37
Factor solar estação de arrefecimento (30% do factor solar do envidraçado + 70% do factor solar com a protecção móvel actuada)	0,48

### - Externos:

Na Fig. 2.8 mostra-se os envidraçados que, no piso 0, possuem sombreamento externo.

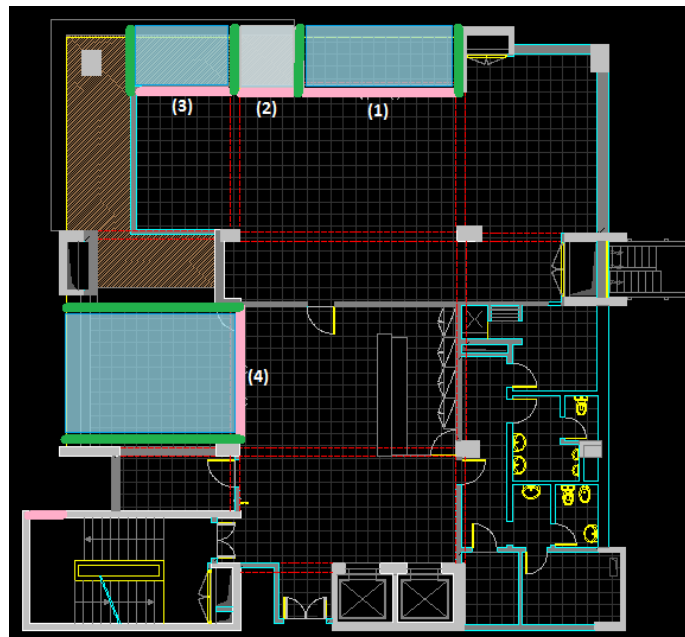
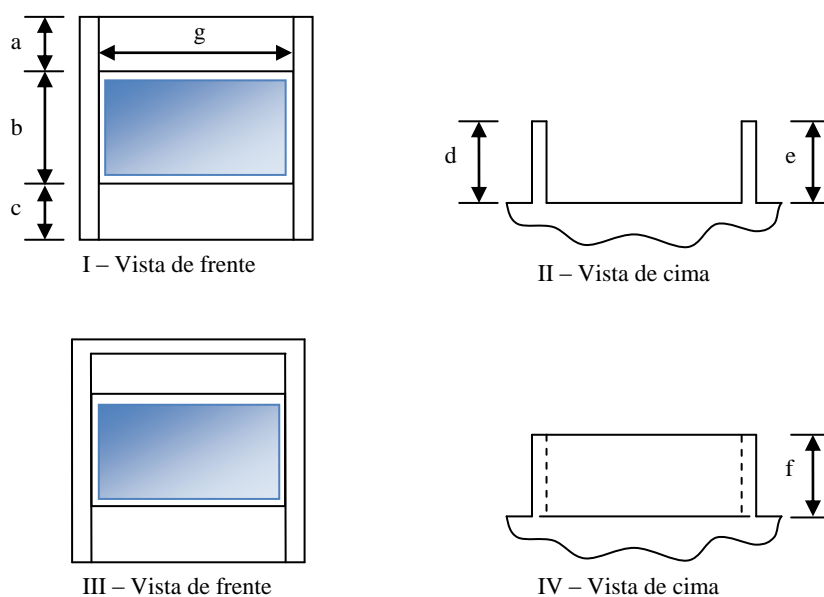


Figura 2.8 - Sombreamentos externos presentes no piso 0

A cor-de-rosa demarca-se os envidraçados. A verde, as palas verticais, ou, obstruções que se comportam como palas verticais. A azul encontra-se marcado as palas horizontais, ou, obstruções que se comportam como palas horizontais (por exemplo: pavimento do piso 1 em contacto com exterior). No Esquema 2.1 apresenta-se as formas genéricas utilizadas para caracterizar o sombreamento externo e para efeitos de simulação.



Esquema 2.1 - Sombreamento externo, I e II representa os envidraçados com palas verticais, III e IV representa os envidraçados com palas verticais e pala horizontal.

Dimensões:

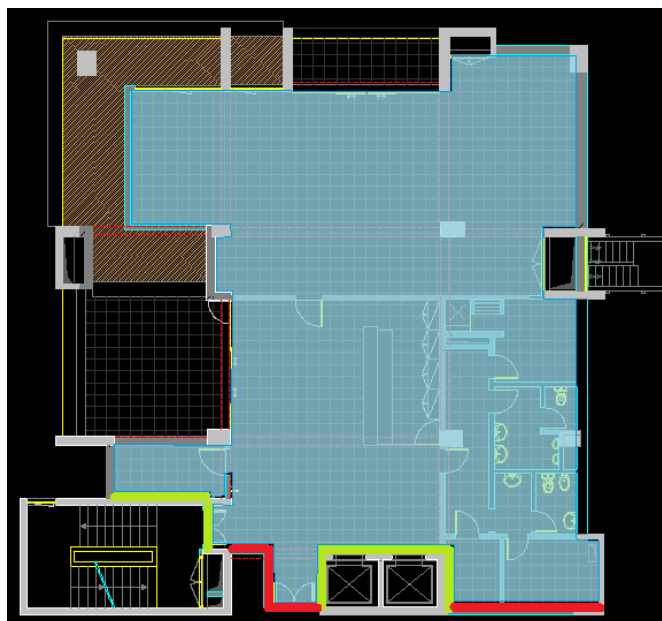
- a) Distância entre a parte superior do envidraçado e o término superior da pala vertical;
- b) Altura do envidraçado;
- c) Distância entre a parte inferior do envidraçado e o término inferior da pala vertical;
- d) Comprimento da pala vertical esquerda;
- e) Comprimento da pala vertical direita;
- f) Comprimento da pala horizontal;
- g) Largura do envidraçado.

Na Tabela 2.8 expõe-se as dimensões, segundo o esquema anterior, para os envidraçados do piso 0.

**Tabela 2.8 – Dimensões dos sombreamentos externos presentes no piso 0**

	Dimensões						
	[m]						
<b>Envidraçados - figura 8</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>
(1)	1,15	2,08	0	1,84	1,84	1,35	4,69
(2)	1,1	1,03	1,1	1,84	1,84	0	1,62
(3)	1,1	1,03	1,1	1,35	1,35	1,35	2,70
(4)	1,15	2,08	0	4,94	4,94	4,94	4,38

***Envolvente interior:***



**Figura 2.9 - Envolvente interior piso 0**

Na Fig. 2.9 mostra-se a envolvente interior. A verde-claro está demarcado a envolvente opaca em contacto com espaços não úteis, a vermelho está demarcado a envolvente opaca em contacto com o edifício adjacente (edifício A). Em azul encontra-se a área, aproximada, do pavimento do piso 0 em contacto com o piso -1 (espaço não útil – armazém).

Na Tabela 2.9 encontra-se quantificadas as áreas associadas às demarcações representadas na Fig. 2.9 com a excepção das áreas de pavimento em contacto com o piso -1 já definidas anteriormente (Tabela 2.2).

**Tabela 2.9 – Quantificação das áreas**

<b>Descrição</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>
Sala para equipamento AVAC – Escadaria	9,62
Átrio principal – Escadaria	3,48
Átrio principal – Edifício Adjacente	11,56
Átrio principal – Poço de elevadores	13,03
WC – Poço de elevadores	3,94
WC – Edifício adjacente	12,19

### 2.2.2.3 Piso 1

A Fig. 2.10 mostra a planta do piso 1.

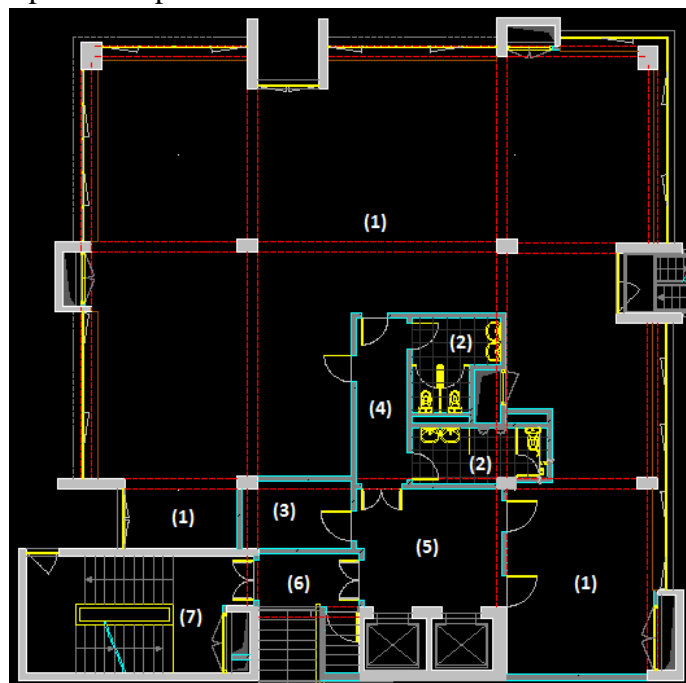


Figura 2.10 - Planta piso 1

Piso de escritórios no formato openspace. Identificado de (1) a (7) estão os espaços que compõe este piso:

- 1) Escritórios/Openspace;
- 2) WC;
- 3) Sala para equipamentos AVAC;
- 4) Antecâmara WC;
- 5) Hall de elevadores;
- 6) Circulação de acesso para escadaria de emergência, piso 2 e edifício adjacente A;
- 7) Escadaria de emergência.

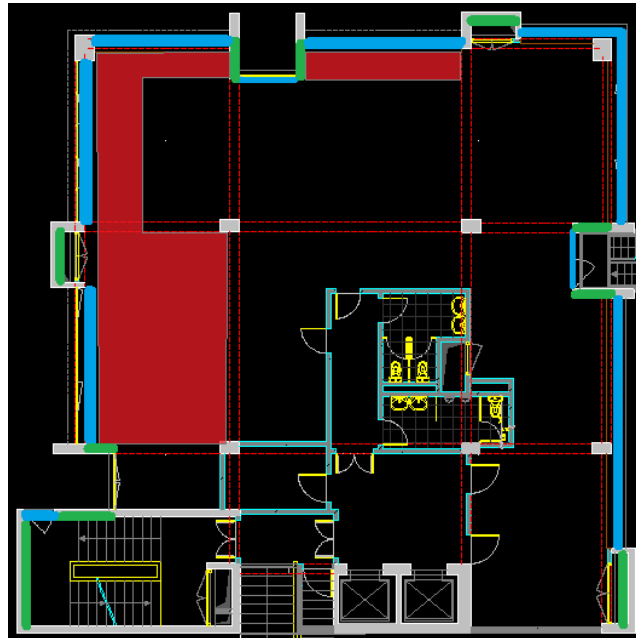
Na Tabela 2.10 apresenta-se as áreas de pavimento e o pé-direito correspondentes aos espaços úteis (a distância entre pisos é de 3,23m, sendo que a variação do pé-direito prende-se com a existência de tectos falsos, de altura variável, para passagem de condutas e alojamento de equipamentos):

Tabela 2.10 – Áreas de pavimento e pé-direito dos espaços úteis

Descrição:	A [m <sup>2</sup> ]	Pé-direito [m]
Escritórios/OpenSpace	209,39	2,50
Hall de elevadores	15,11	2,50
WC	12,4	2,40
Antecâmara WC	7,6	2,40
Sala para equipamentos AVAC	6,53	3,23
Área útil total/Pé-direito médio ponderado	251,03	2,51

### ***Envolvente exterior:***

Na Fig 2.11 mostra-se a envolvente exterior do piso 1. Demarcado a verde está envolvente opaca exterior. Em azul está demarcado os vãos envidraçados exteriores. Sombreado a vermelho é parte do pavimento que se encontra com contacto com o exterior.



**Figura 2.11 - Envolvente exterior piso 1**

Na Tabela 2.11 expõem-se com mais detalhe a envolvente exterior que caracteriza os espaços úteis deste piso, a nível de áreas de paredes, envidraçados e respectivas orientações.

### ***Escritórios/Openspace:***

**Tabela 2.11 – Escritórios/Openspace**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
Paredes S	Sul	42,28	11,76 (27,8)
Paredes E	Este	37,98	9,80 (25,8)
Paredes O	Oeste	49,71	13,72 (27,6)
PrtVdr_S	Sul	5,88	2,5 (42,2)
PrtVdr_E	Este	5,78	2,5 (43,2)
PrtVdr_O	Oeste	5,78	2,5 (43,2)
Pavimento em contacto com o exterior	Horizontal	39,57	-

### **Sombreamentos:**

#### **- Internos:**

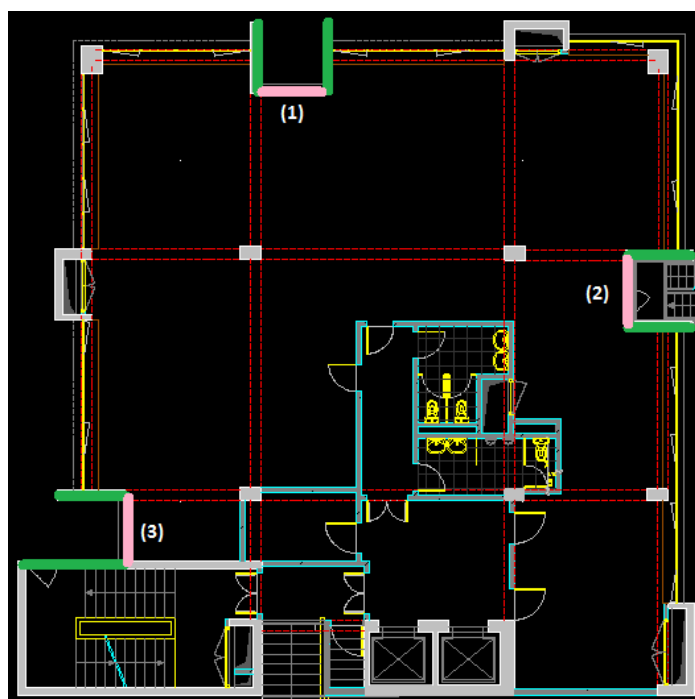
Neste piso todos os envidraçados possuem, como dispositivo de sombreamento interno, cortinas opacas de cor clara. Na Tabela 2.12 mostra-se os factores solares associados aos vãos envidraçados. Para obter os valores seguintes recorreu-se à tabela IV4.1 e ao quadro V.4 do RCCTE.

**Tabela 2.12 - Factores solares,  $g_{\perp}$**

<b>Descrição</b>	<b>Factor solar, <math>g_{\perp}</math></b>
Factor solar para vidro duplo incolor, (4 a 8) mm + 5 mm	0,75
Factor solar com o a protecção solar activa a 100% - Vidro duplo, cortinas opacas de cor clara	0,37
Factor solar estação de arrefecimento (30% do factor solar do envidraçado + 70% do factor solar com a protecção móvel actuada)	0,48

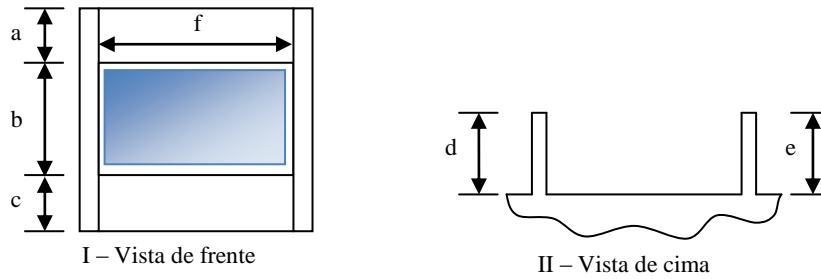
#### **- Externos:**

Na Fig. 2.12 mostra-se os envidraçados que, no piso 1, possuem sombreamento externo.



**Figura 2.12 - Sombreamento externo presente no piso 1**

A cor-de-rosa demarca-se os envidraçados. A verde, as palas verticais, ou, obstruções que se comportam como palas verticais. No Esquema 2.2 apresenta-se as formas genéricas utilizadas para caracterizar o sombreamento externo e para efeitos de simulação.



**Esquema 2.2 - Sombreamento externo, I e II representa os envidraçados com palas verticais**

Dimensões:

- a) Distância entre a parte superior do envidraçado e o término superior da palanca vertical;
- b) Altura do envidraçado;
- c) Distância entre a parte inferior do envidraçado e o término inferior da palanca vertical;
- d) Comprimento da palanca vertical esquerda;
- e) Comprimento da palanca vertical direita;
- f) Largura do envidraçado.

Na Tabela 2.13 expõe-se as dimensões, segundo o esquema anterior, para os sombreamentos externos dos envidraçados do piso 1.

**Tabela 2.13 – Dimensões do sombreamento externo**

Envidraçados - figura 12	Dimensões					
	[m]					
	a	b	c	d	e	f
(1)	0,93	1,37	0,93	1,84	1,84	1,82
(2)	0,92	1,40	0,92	1,84	1,84	1,79
(3)	0,92	1,40	0,92	3,10	1,84	1,79



***Envolvente interior:***



**Figura 2.13 - Envolvente interior piso 1**

Na Fig. 2.13 mostra-se a envolvente interior. A verde-claro está demarcado a envolvente opaca em contacto com espaços não úteis, a vermelho está demarcado a envolvente opaca em contacto com o edifício adjacente (edifício A).

Na Tabela 2.14 encontra-se quantificadas as áreas associadas às demarcações representadas na Fig. 2.13.

**Tabela 2.14 - Quantificação das áreas piso 1**

<b>Descrição</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>
Sala para equipamento AVAC – Circulação	10,51
Hall de elevadores – Circulação	3,90
Hall de elevadores – Poço de elevadores	10,20
Escritórios/Openspace – Poço de elevadores	4,28
Escritórios/Openspace – Escadaria de emergência	7,93
Escritórios/Openspace – Edifício adjacente	12,58

#### 2.2.2.4 Pisos 2 a 8

Os pisos de 2 a 8 são, à semelhança do piso 1, escritórios em formato openspace. Todos os pisos partilham a mesma planta. Sendo que do 2º ao 5º piso existe apenas uma pequena variação de planta. Na Fig. 2.14 estão identificados (1 a 7) os espaços que caracterizam estes pisos. Nas Figuras de 2.15 a 2.19 estão identificados as diferenças de planta existentes entre os vários pisos.

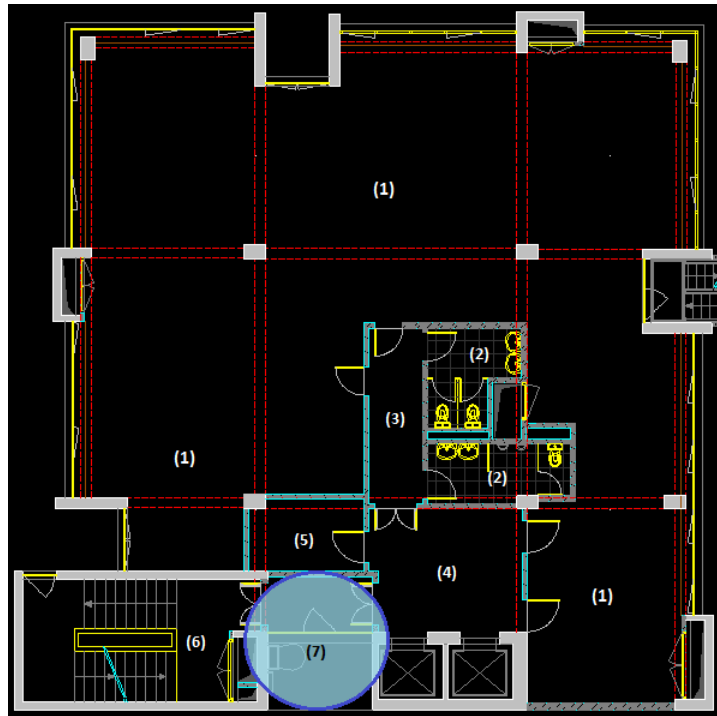


Figura 2.14 - Identificação dos espaços, pisos 2 a 8

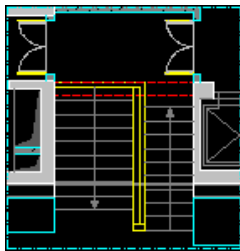


Figura 2.15 - Detalhe piso 2

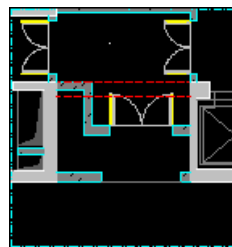


Figura 2.16 - Detalhe piso 3

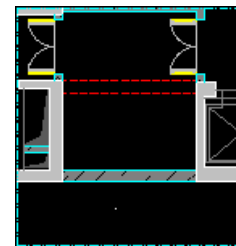


Figura 2.17 - Detalhe piso 4

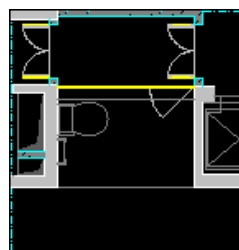


Figura 2.18 - Detalhe piso 5

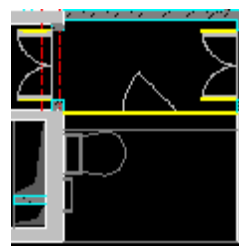


Figura 2.19 - Detalhe pisos 6 a 8

Descrição das Figuras 2.14 a 2.19:

- 1) Escritório/Openspace;
- 2) WC;
- 3) Antecâmara WC;
- 4) Hall de elevadores;
- 5) Sala para equipamentos AVAC;
- 6) Escadaria de emergência;
- 7) Detalhe:

- Piso 2: Circulação de acesso para a escadaria de emergência, piso 1 e edifício adjacente A;
- Piso 3: Antecâmara com acesso para a escadaria de emergência e edifício adjacente A;
- Piso 4: Antecâmara com acesso para a escadaria de emergência;
- Piso 5: Antecâmara com acesso para a escadaria de emergência e acesso para a cobertura do edifício adjacente A;
- Pisos 6 a 8: Circulação fechada com acesso para escadaria de emergência.

Na Tabela 2.15 apresenta-se as áreas de pavimento e o pé-direito correspondentes aos espaços úteis (a distância entre pisos é de 3,23m, sendo que a variação do pé-direito prende-se com a existência de tectos falsos, de altura variável, para passagem de condutas e alojamento de equipamentos):

**Tabela 2.15 – Áreas de pavimento e pé-direito dos espaços úteis**

<b>Descrição:</b>	<b>A</b> <b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>Pé-direito</b> <b>[m]</b>
Escritórios/OpenSpace pisos 2 a 8	216,77	2,50
Hall de elevadores pisos 2 a 8	15,11	2,50
WC pisos 2 a 8	12,4	2,40
Antecâmara WC pisos 2 a 8	7,6	2,40
Sala para equipamentos AVAC pisos 2 a 8	6,53	3,23
Antecâmara piso 3	6,72	2,40
Antecâmara piso 4	10,50	2,40
Antecâmara piso 5	4,64	2,40
Circulação fechada pisos 6 a 8	4,64	2,40

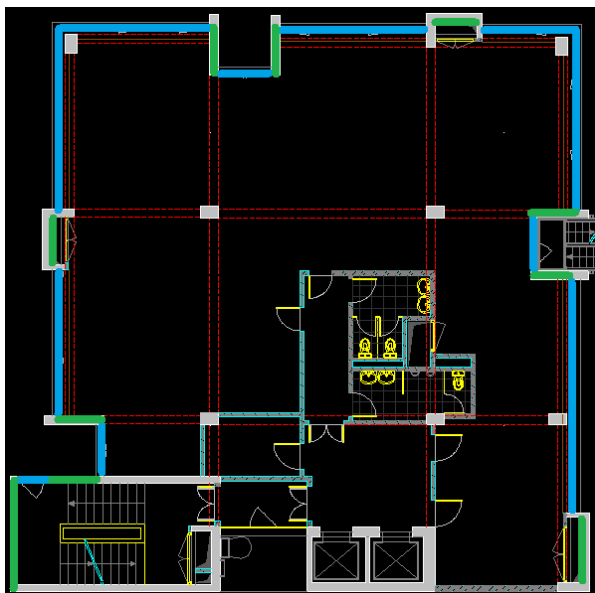
Na Tabela 2.16 apresenta-se as áreas úteis para cada um dos pisos e o respectivo pé-direito médio ponderado:

**Tabela 2.16 - Áreas úteis para cada piso e pé-direito**

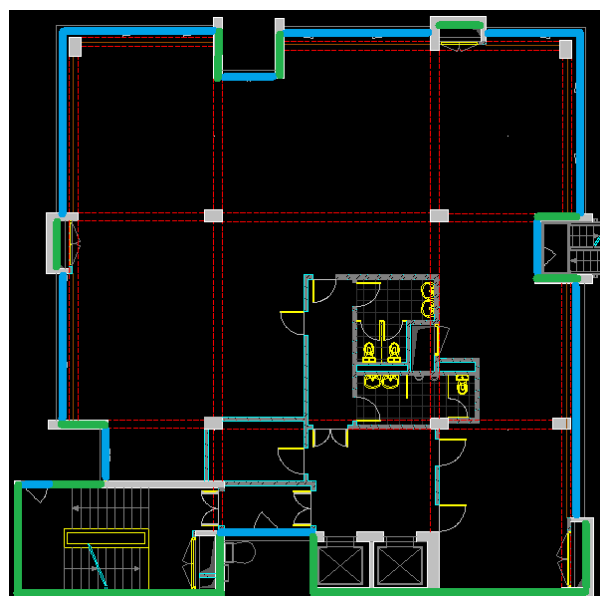
Descrição:	A [m <sup>2</sup> ]	Pé-direito [m]
Piso 2	258,41	2,51
Piso 3	265,13	2,51
Piso 4	268,91	2,51
Piso 5	263,05	2,51
Pisos 6, 7 e 8	263,05	2,51

***Envoltente exterior:***

Nas Figuras 2.20 e 2.21 mostra-se a envoltente exterior dos pisos 2 a 8. Demarcado a verde está a envoltente opaca exterior, em azul está demarcado os vãos envidraçados. É de notar que o edifício B é mais alto que o edifício A, com o qual é adjacente. O edifício A tem 4 pisos de altura, ou seja, a partir do 5º piso a fachada norte do edifício B deixa de estar em contacto com o edifício adjacente A, para estar em contacto directo com o ambiente exterior.



**Figura 2.20 - Envoltente exterior pisos 2 a 4**



**Figura 2.21 - Envoltente exterior pisos 5 a 8**

Nas Tabelas 2.17 a 2.22 expõem-se com mais detalhe a envolvente exterior que caracteriza os espaços úteis, a nível de áreas de paredes, envidraçados e respectivas orientações.

- Pisos 2 a 4:

*Escritório/Openspace:*

**Tabela 2.17 - Envolvente exterior openspace pisos 2 a 4**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
Paredes S	Sul	43,44	12,75 (29,4)
Paredes E	Este	39,57	10,78 (27,2)
Paredes O	Oeste	50,10	13,72 (27,3)
PrtVdr_S	Sul	5,88	2,5 (42,2)
PrtVdr_E	Este	5,78	2,5 (43,2)
PrtVdr_O	Oeste	5,78	2,5 (43,2)

*Antecâmara piso 4:*

Do tecto deste espaço 5,95 m<sup>2</sup> estão em contacto com o exterior, por cima está o acesso pelo piso 5 à cobertura do edifício adjacente A.

- Pisos 5 a 7:

*Escritório/Openspace:*

**Tabela 2.18 - Envolvente exterior openspace pisos 5 a 7**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
Paredes S	Sul	43,44	12,75 (29,4)
Paredes E	Este	39,57	10,78 (27,2)
Paredes O	Oeste	50,10	13,72 (27,3)
PrtVdr_S	Sul	5,88	2,5 (42,2)
PrtVdr_E	Este	5,78	2,5 (43,2)
PrtVdr_O	Oeste	5,78	2,5 (43,2)
Parede N	Norte	14,63	-

*Antecâmara piso 5 e Circulação dos pisos 6 e 7:*

**Tabela 2.19 - Envolvente exterior antecâmara 5 e circulação pisos 6 e 7**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
Parede N	Norte	9,63	4,83 (50,1)

- Piso 8:

*Escritório/Openspace:*

**Tabela 2.20 - Envolvente exterior openspace piso 8**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
Paredes S	Sul	43,44	12,75 (29,4)
Paredes E	Este	39,57	10,78 (27,2)
Paredes O	Oeste	50,10	13,72 (27,3)
PrtVdr_S	Sul	5,88	2,5 (42,2)
PrtVdr_E	Este	5,78	2,5 (43,2)
PrtVdr_O	Oeste	5,78	2,5 (43,2)
Parede N	Norte	14,63	-
Cobertura	Horizontal	218,27	-

*Antecâmara WC piso 8:*

**Tabela 2.21 - Envolvente exterior antecâmara piso 8**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
Cobertura	Horizontal	7,6	-

*WC piso 8:*

**Tabela 2.22 - Envolvente exterior WC piso 8**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
Cobertura	Horizontal	1,83	-

***Sombreamentos:***

**- Internos:**

Nos pisos de 2 a 8, todos os envidraçados possuem, como dispositivo de sombreamento interno, cortinas opacas de cor clara. Na Tabela 2.23 mostra-se os factores solares associados aos vão envidraçados. Para obter os valores seguintes recorreu-se à tabela IV4.1 e ao quadro V.4 do RCCTE.

**Tabela 2.23 - Factores solares, g<sub>l</sub>**

Descrição	Factor solar, g <sub>l</sub>
Factor solar para vidro duplo incolor, (4 a 8) mm + 5 mm	0,75
Factor solar com o a protecção solar activa a 100% - Vidro duplo, cortinas opacas de cor clara	0,37
Factor solar estação de arrefecimento (30% do factor solar do envidraçado + 70% do factor solar com a protecção móvel actuada)	0,48

### - Externos:

Nas Figuras 2.22 e 2.23 mostra-se os envidraçados que possuem sombreamento externo.

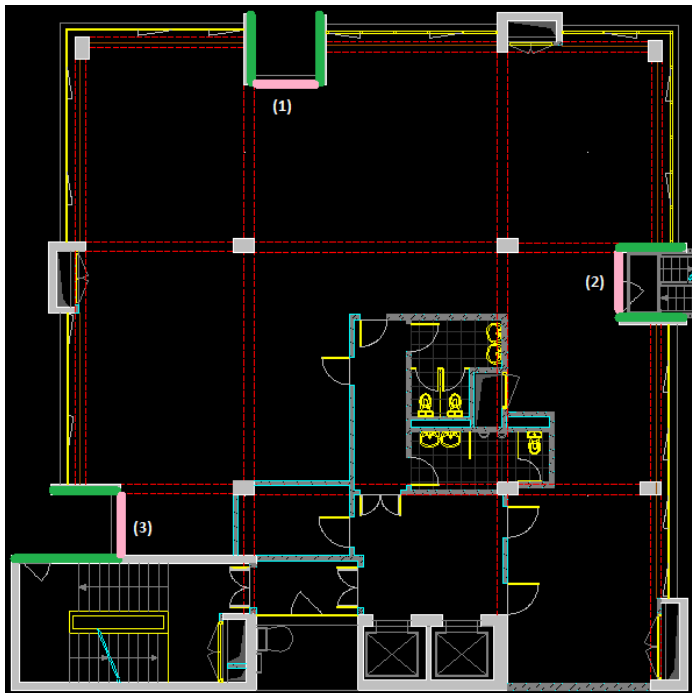


Figura 2.23 - Sombreamento externo, openspace pisos 2 a 8

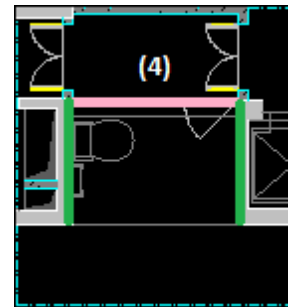
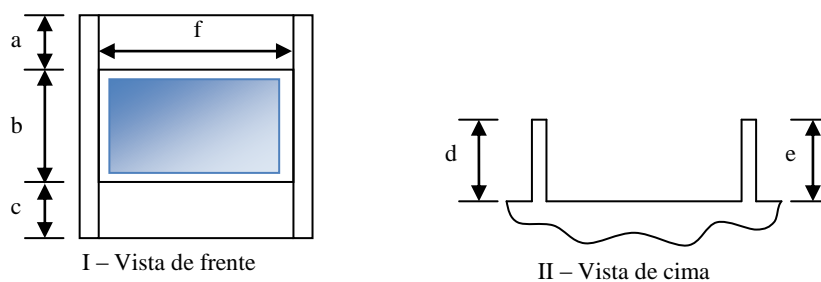


Figura 2.22 - Sombreamento externo, antecâmara piso 5 e circulações pisos 6 a 8

A cor-de-rosa demarca-se os envidraçados. A verde, as palas verticais, ou, obstruções que se comportam como palas verticais. No Esquema 2.3 apresenta-se as formas genéricas utilizadas para caracterizar o sombreamento externo e para efeitos de simulação.



Esquema 2.3 - Sombreamento externo, I e II representa os envidraçados com palas verticais

Dimensões:

- a) Distância entre a parte superior do envidraçado e o término superior da pala vertical;
- b) Altura do envidraçado;
- c) Distância entre a parte inferior do envidraçado e o término inferior da pala vertical;
- d) Comprimento da pala vertical esquerda;
- e) Comprimento da pala vertical direita;
- f) Largura do envidraçado.



Na Tabela 2.24 expõe-se as dimensões, segundo o esquema anterior, para os envidraçados dos pisos de 2 a 8.

**Tabela 2.24 - Dimensões do sombreamento externo**

<b>Envidraçados - figuras 2.22 e 2.23</b>	<b>Dimensões [m]</b>					
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>
(1)	0,93	1,37	0,93	1,84	1,84	1,82
(2)	0,92	1,40	0,92	1,84	1,84	1,79
(3)	0,92	1,40	0,92	3,10	1,84	1,79
(4)	1,15	2,08	0	2,18	2,18	2,32

### ***Envolvente interior:***

As Figuras 2.24 a 2.28 mostram a envolvente interior. A verde-claro está demarcado a envolvente opaca em contacto com espaços não úteis, a vermelho está demarcado a envolvente opaca em contacto com o edifício adjacente (edifício A).

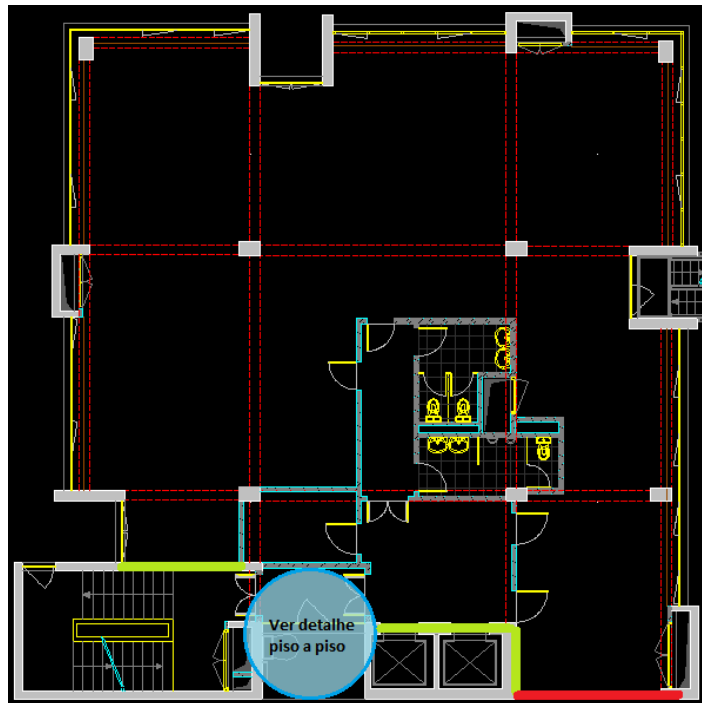


Figura 2.24 - Envolvente interior, Pisos 2 a 4



Figura 2.25 - Envolvente interior, detalhe piso 2



Figura 2.26 - Envolvente interior, detalhe piso 3

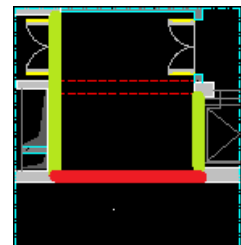


Figura 2.27 - Envolvente interior, detalhe piso 4

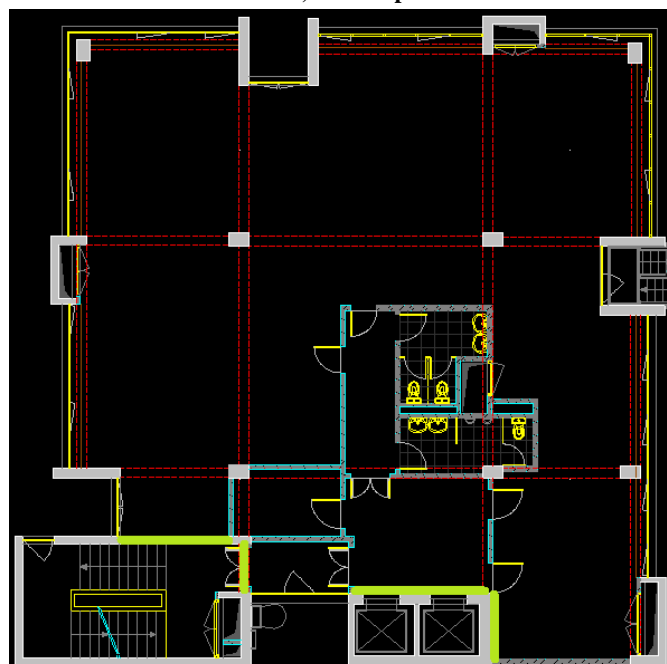


Figura 2.28 - Envolvente interior, pisos 5 a 8

Nas Tabelas 2.25 e 2.26 estão quantificadas as áreas associadas às demarcações representadas nas figuras anteriores.

**Tabela 2.25 - Quantificação das áreas, pisos 2 a 4**

<b>Descrição</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>
Sala para equipamento AVAC – Circulação (Só piso 2)	10,51
Hall de elevadores – Circulação (Só piso 2)	3,90
Hall de elevadores – Poço de elevadores	10,20
Escritórios/Openspace – Poço de elevadores	4,28
Escritórios/Openspace – Escadaria de emergência	7,93
Escritórios/Openspace – Edifício adjacente	12,58
Antecâmara piso 3 – Escadaria de emergência	4,78
Antecâmara piso 3 – Acesso edifício adjacente A	12,69
Antecâmara piso 3 – Poço de elevadores	1,87
Antecâmara piso 4 – Edifício adjacente A	9,62
Antecâmara piso 4 – Escadaria de emergência	10,82
Antecâmara piso 4 – Poço de elevadores	5,23

**Tabela 2.26 - Quantificação das áreas, pisos 5 a 8**

<b>Descrição</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>
Antecâmara piso 5/Circulações pisos 6 a 8 – Escadaria de emergência	4,68
Hall de elevadores – Poço de elevadores	10,20
Escritórios/Openspace – Poço de elevadores	4,28
Escritórios/Openspace – Escadaria de emergência	7,93

#### 2.2.2.5 Piso 9 (Cobertura)

Na Fig. 2.29 seguinte mostra-se a planta do piso 9.

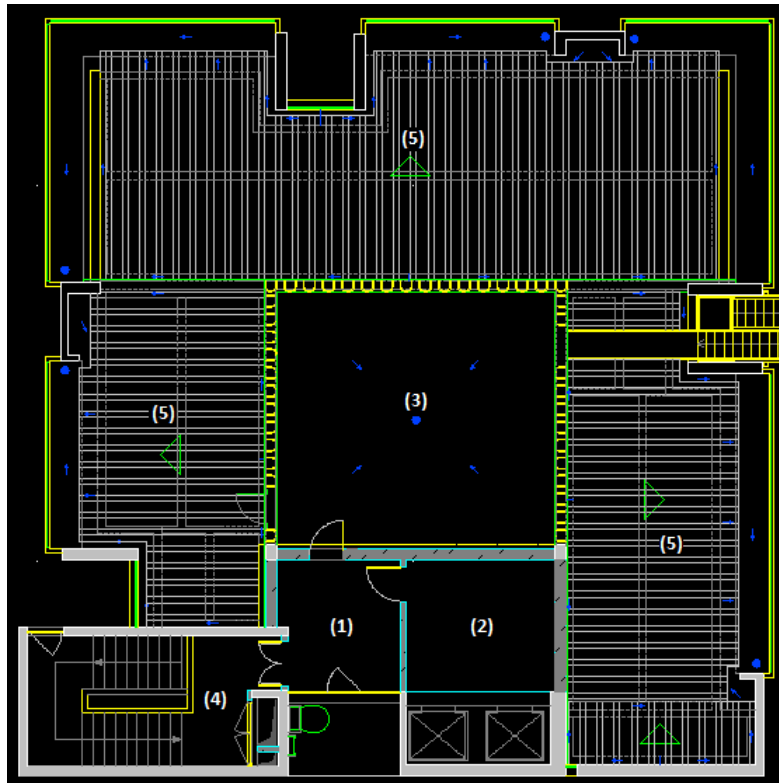


Figura 2.29 – Planta piso 9 (Cobertura)

Este piso é o piso de cobertura. Identificado de (1) a (5) estão os espaços/zonas que compõem este piso.

- 1) Antecâmara;
- 2) Casa das máquinas;
- 3) Terraço – Zona reservada para equipamentos;
- 4) Escadaria de emergência;
- 5) Cobertura.

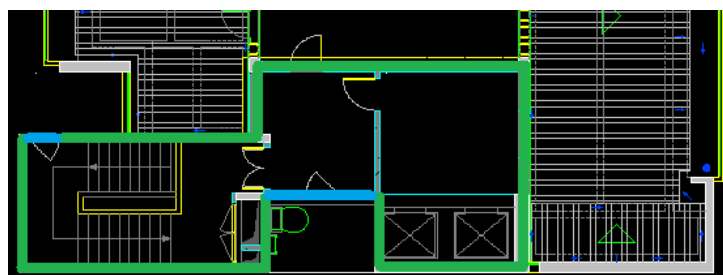
Na Tabela 2.27 apresenta-se as áreas de pavimento e o pé-direito correspondentes aos espaços úteis:

Tabela 2.27 - Áreas de pavimento e pé-direito

Descrição:	A [m <sup>2</sup> ]	Pé-direito [m]
Antecâmara	10,97	3,17
Casa das máquinas	13,79	3,17

### ***Envolvente exterior:***

Na Fig. 2.30 mostra-se a envolvente exterior do piso 9. Demarcado a verde está envolvente opaca exterior. Em azul está demarcado os vãos envidraçados exteriores.



**Figura 2.30 - Envolvente exterior piso 9**

Nas Tabelas 2.28 e 2.29 expõem-se com mais detalhe a envolvente exterior que caracteriza os espaços úteis, a nível de áreas de paredes, envidraçados e respectivas orientações.

### ***Antecâmara:***

**Tabela 2.28 - Envolvente exterior antecâmara piso 9**

<b>Descrição</b>	<b>Orientação</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	
		<b>Envolvente</b>	<b>Envidraçado (%)</b>
Parede S	Sul	10,36	-
Parede E	Este	5,71	-
Parede N	Norte	9,45	4,83 (51,1)
Cobertura	Horizontal	10,97	-

### ***Casa das máquinas:***

**Tabela 2.29 - Envolvente exterior casa das máquinas**

<b>Descrição</b>	<b>Orientação</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	
		<b>Envolvente</b>	<b>Envidraçado (%)</b>
Parede O	Oeste	11,13	-
Parede S	Sul	12,46	-
Cobertura	Horizontal	13,79	-

### Sombreamentos:

#### - Internos:

Neste piso todos os envidraçados possuem, como dispositivo de sombreamento interno, cortinas opacas de cor clara. Na Tabela 2.30 mostra-se os factores solares associados aos vão envidraçados. Para obter os valores seguintes recorreu-se à tabela IV4.1 e ao quadro V.4 do RCCTE.

Tabela 2.30 - Factores solares,  $g_{\perp}$

Descrição	Factor solar, $g_{\perp}$
Factor solar para vidro duplo incolor, (4 a 8) mm + 5 mm	0,75
Factor solar com o a protecção solar activa a 100% - Vidro duplo, cortinas opacas de cor clara	0,37
Factor solar estação de arrefecimento (30% do factor solar do envidraçado + 70% do factor solar com a protecção móvel actuada)	0,48

#### - Externos:

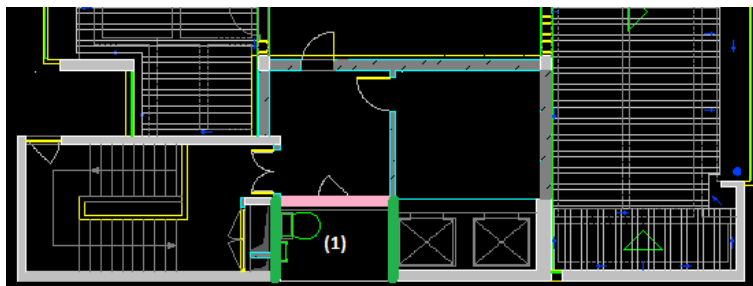
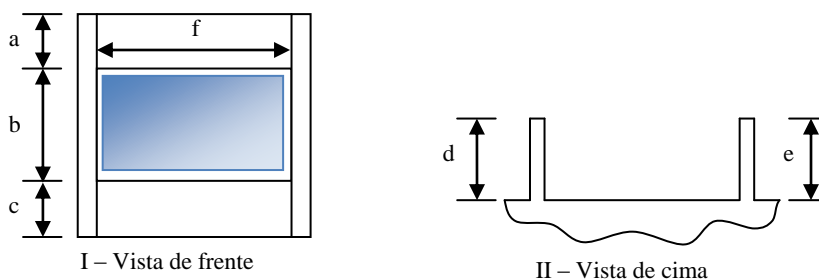


Figura 2.31 - Sombreamento externo piso 9

Na Fig. 2.31 a cor-de-rosa demarca-se o envidraçado, a verde, as palas verticais, ou, obstruções que se comportam como palas verticais. No Esquema 2.4 apresenta-se as formas genéricas utilizadas para caracterizar o sombreamento externo e para efeitos de simulação.



Esquema 2.4 - Sombreamento externo, I e II representa os envidraçados com palas verticais

Dimensões:

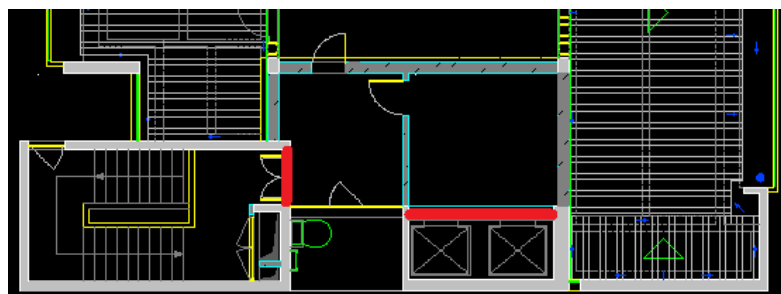
- Distância entre a parte superior do envidraçado e o término superior da pala vertical;
- Altura do envidraçado;
- Distância entre a parte inferior do envidraçado e o término inferior da pala vertical;
- Comprimento da pala vertical esquerda;
- Comprimento da pala vertical direita;
- Largura do envidraçado.

Na Tabela 2.31 expõe-se as dimensões, segundo o esquema anterior, para o envidraçado da antecâmara do piso 9.

**Tabela 2.31 - Dimensões do sombreamento externo piso 9**

Envidraçados - figura 31	Dimensões					
	[m]					
	a	b	c	d	e	f
(1)	1,09	2,08	0	2,18	2,18	2,32

**Envolvente interior:**



**Figura 2.32- Envolvente interior piso 9**

A Fig. 2.32 mostra a envolvente interior. A vermelho está demarcado a envolvente opaca em contacto com espaços não úteis.

Na Tabela 2.32 estão quantificadas as áreas associadas às demarcações representadas na figura anterior.

**Tabela 2.32 - Quantificação das áreas**

Descrição	Área [m <sup>2</sup> ]
Antecâmara Piso 9 – Escadaria de emergência	4,60
Casa das máquinas – Poço de elevadores	12,46

### ***Caracterização da escadaria de emergência:***

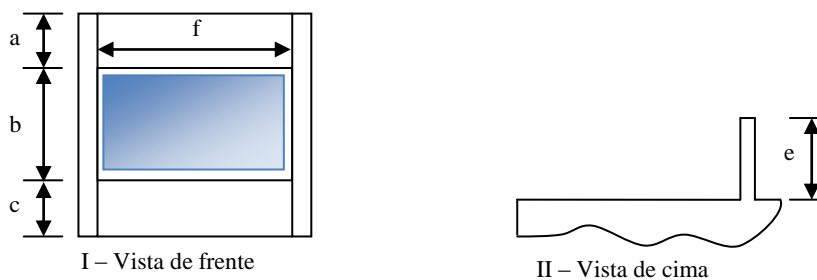
Na Tabela 2.33 está caracterizado a envolvente exterior opaca da escadaria de emergência.

**Tabela 2.33 - Envolvente exterior escadaria de emergência**

Descrição	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]	
		Envolvente	Envidraçado (%)
Paredes N1	Norte	99,07	-
Paredes E1	Este	122,30	-
Paredes S1	Sul	87,21	23,76 (27,2)
Paredes S2	Sul	19,94	2,64 (13,2)
Cobertura	Horizontal	21,68	-

A área de pavimento da escadaria é de cerca de 157,30 m<sup>2</sup>.

A nível de sombreamentos, a escadaria não possui sombreamento interno e sombreamento externo apenas nos envidraçados associados à “Paredes S1”. Este sombreamento é do tipo pala vertical apenas à direita, assim é devido ao efeito de sombreamento provocado pela fachada Este do edifício B. A fachada a Este do edifício provocará um sombreamento do tipo pala vertical, esta pala terá de extensão o comprimento da fachada, ou seja,  $e \approx 15$  m (Esquema 2.5:  $a = c = 0$ ;  $b = 1$ ;  $f = 0,88$ ).



**Esquema 2.5 – Representação do sombreamento externo para a escadaria de emergência**



### 2.2.2.6 Caracterização térmica das soluções construtivas

Devido ao edifício B ser um edifício existente e as plantas não possuírem elementos que identifiquem concretamente as soluções construtivas utilizadas (exceptuando as paredes da envolvente interior e os envidraçados, para os quais foi possível obter as informações necessárias), para se poder definir os respectivos coeficientes de transmissão térmica superficial (U) e, consequentemente, efectuar a simulação foi necessário recorrer à nota técnica NT-SCE-01 publicada pela ADENE (Agência para a energia – entidade que gere o sistema nacional de certificação energética e qualidade do ar interior). Seguindo esta nota técnica (ponto 11.), quando não é possível definir os coeficientes de transmissão térmica superficial, por falta de informação, é então possível, com prejuízo para classe energética, definir como coeficientes de transmissão térmica superficial valores por defeito. Valores esses dependentes do ano de construção do edifício e com razoável margem de segurança.

#### ***Envolvente opaca exterior:***

##### *- Paredes em contacto com o exterior:*

*Parede dupla rebocada (Posterior a 1960) – Espessura aproximada de 0,35m*

Valor adoptado –  $U = 0,96 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Este valor já entra em linha de conta com as resistências térmicas superficiais.

##### *- Pavimentos em contacto com o exterior:*

*Pavimento pesado (Betão – fluxo descendente) – Piso 1*

Valor adoptado –  $U = 3,10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Este valor já entra em linha de conta com as resistências térmicas superficiais.

##### *- Cobertura:*

*Cobertura pesada horizontal (Betão – fluxo ascendente) – Pisos -1, 8 e 9*

Valor adoptado –  $U = 2,60 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Este valor já entra em linha de conta com as resistências térmicas superficiais.

***Envolvente opaca interior:***

- Parede interior (Tijolo 11cm rebocada dos dois lados) – Pisos -1 a 8

Recorrendo à publicação do LNEC – ITE50, obteve-se os seguintes valores expostos na Tabela 2.34:

**Tabela 2.34 – Características técnicas dos materiais**

<b>Descrição do material</b>	<b>Espessura, e [mm]</b>	<b>Condutibilidade térmica, <math>\lambda</math> [W/(m.°C)]</b>	<b>Resistência térmica, <math>R_j^5</math> [m².°C/W]</b>
Reboco 2cm <sup>(6)</sup>	20	1,30	0,015
Tijolo furado 11 cm <sup>(6)</sup>	110	0,41	0,268

O coeficiente de transmissão térmica (U) de elementos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado pela seguinte fórmula (Anexo VII, RCCTE, P.2507):

$$U_{Paredes\ interiores} = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$$

em que:

$R_{si}$  – Resistência térmica superficial do espaço aquecido;

$R_{se}$  – Resistência térmica superficial exterior;

$R_j$  – Resistência térmica da camada j;

Recorrendo à tabela VII.1 do RCCTE temos (espaço interior em contacto com espaço não aquecido):

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W};$$

$$R_{se} = R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W};$$

Então:

$$U_{Paredes\ interiores} = \frac{1}{2 \times 0,13 + 2 \times 0,015 + 0,268} \cong 1,79 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

<sup>5</sup>  $R_j$  é obtido dividindo a espessura pela condutibilidade térmica, ( $R_j = e/\lambda$ )

<sup>6</sup> Valores obtidos em: Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente de edifícios, ITE50, Quadro I.2 – Materiais cerâmicos para tijolos – Argamassas e rebocos tradicionais, p.I.4, LNEC, 2006

- Pavimento pesado (Betão – fluxo descendente) – Piso 0

Valor adoptado (Espaço útil – Ambiente Exterior) –  $U_{ADOPTADO} = 3,10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

O piso -1 é um armazém, ou seja, um espaço não aquecido, é necessário efectuar a devida correcção das resistências superficiais.

Como tal:

$$U_{Adoptado} = \frac{1}{R_{si} + \frac{1}{U_{Sem \text{ correcção}}} + R_{se}}$$

em que:

$R_{si}$  – Resistência térmica superficial do espaço aquecido;

$R_{se}$  – Resistência térmica superficial exterior;

Recorrendo à tabela VII.1 do RCCTE temos:

$R_{si} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ ;

$R_{se} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ ;

Então:

$$U_{Sem \text{ correcção}} = 8,88 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Considerando agora,  $R_{si} = R_{se} = 0,17$  (Espaço Interior – Local não aquecido):

$$U_{Corrigido} = \frac{1}{0,17 + \frac{1}{8,88} + 0,17} = 2,21 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

**Vãos envidraçados:**

Na Tabela 2.35 indica-se o valor do coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados existentes neste prédio. O valor foi obtido recorrendo a ITE50 do LNEC.

**Tabela 2.35 – Coeficiente de transmissão dos vãos envidraçados**

Descrição	U [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ]
<b>Vãos envidraçados verticais, caixilharia metálica, fixa – Sem corte térmico.</b>	
Vidro duplo incolor de 6mm e de 5mm com espessura da lâmina de ar igual a 6mm. Possui cortina interior opaca de cor clara.	3,4

#### 2.2.2.7 Pontes térmicas planas e lineares

##### *Breve nota sobre o que são pontes térmicas planas e lineares:*

Pontes térmicas planas são heterogeneidades inseridas em zonas correntes da envolvente exterior ou, também, da envolvente interior em contacto com espaços não úteis. Dando-se como exemplos pilares, talões de viga e caixas de estore. Para este tipo de ponte térmica considera-se perdas unidimensionais por unidade de área de superfície. Para quantificar a ponte térmica multiplica-se o coeficiente de transmissão térmica superficial ( $U$ ) pela respectiva área.

Em relação as pontes térmicas lineares, estas correspondem à ligação de dois ou mais elementos construtivos exteriores. É uma singularidade da envolvente na medida em que o fluxo térmico, bi- ou tridimensional, é associado a uma perda térmica linear (por unidade de comprimento). Para quantificar as pontes térmicas lineares multiplica-se o coeficiente de transmissão térmica linear pelo respectivo desenvolvimento. (I.1 – Perguntas e respostas sobre o RCCTE – Versão 1.5 de Março de 2009 – ADENE)

##### *Pontes térmicas planas:*

Como já visto anteriormente, o edifício em estudo é um edifício já existente construído na década de 70 do século passado. A isto junta-se o facto de as plantas não possuírem elementos que identifiquem claramente as soluções construtivas utilizadas. Pela análise das plantas não é possível garantir a não existência de pontes térmicas planas, assim sendo, seguindo a nota técnica NT-SCE-01, de 2 de abril de 2009, no ponto 10 e recorrendo ao anexo II – quadro III da dita nota técnica, para compensar as pontes térmicas planas no edifício em estudo, majorou-se os coeficientes de transmissão térmica superficial das zonas correntes em 35%.

##### *Pontes térmicas lineares:*

O software utilizado para executar a simulação dinâmica (TRACE700) apenas permite a contabilização das pontes térmicas lineares do tipo “pavimentos em contacto com o terreno (Slab-on-grade)”, para compensar a existência de outros tipos de pontes térmicas lineares no edifício em estudo, segundo o parágrafo D.5 do manual de “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008, publicado pela ADENE, considerou-se um aumento de 5% nos consumos de energia de aquecimento –  $Q_{aq}$  – no cálculo do indicador de eficiência energética nominal ( $IEE_{NOM}$ ).

### 2.2.2.8 Determinação da temperatura dos espaços não úteis - $\theta_a$

Para efeitos de simulação é necessário obter a temperatura dos espaços não úteis que caracterizam este edifício. Esta temperatura toma um valor intermédio entre a temperatura ambiente exterior e a temperatura do espaço útil. Para se obter esta temperatura recorreu-se a fórmula seguinte, publicada no RCCTE Anexo IV paragrafo 2.1.2:

$$\theta_a = \theta_{atm} + (1 - \tau) \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

em que:

$\theta_{atm}$  – Temperatura ambiente exterior;

$\theta_i$  – Temperatura interior;

$\tau$  – Coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos.

O coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos ( $\tau$ ) é um coeficiente adimensional de temperaturas. Serve para quantificar as perdas térmicas pelas paredes que separam espaços úteis de espaços não úteis.

Para determinarmos este valor,  $\tau$ , recorreu-se à tabela IV.1 do RCCTE. Nesta tabela a determinação de  $\tau$  depende do tipo de espaço não útil e da relação de áreas que separam os dois espaços.

Considerando, segundo a base de dados climática do programa SOLTERM, as seguintes temperaturas atmosféricas (Localização: Coimbra):

$$\theta_{atm, estação de aquecimento} = 3,33 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_{atm, estação de arrefecimento} = 30,56 \text{ }^\circ\text{C}$$

E que:

$$\theta_{i, estação de aquecimento} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_{i, estação de arrefecimento} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Então, na Tabela 2.36, apresenta-se os valores de  $\tau$  e a temperatura dos espaços não úteis existentes no edifício.

**Tabela 2.36 - valores de  $\tau$  e temperatura de espaços não úteis**

Espaço não útil	$A_i^7$	$A_u^8$	$A_i/A_u$	$\tau$	$\theta_{a, aquecimento}$	$\theta_{a, arrefecimento}$
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]			[°C]	[°C]
Poço de elevadores	98,81	77,30	1,27	0,3	14,9	26,7
Armazém	213,18	34,35	6,21	0,7	8,3	28,9
Escadaria	94,35	351,48	0,27	0,6	9,9	28,3
Circulações/acessos <sup>9</sup>	17,49	0	>10	0	20	25
Edifício adjacente	-	-	-	0,6	9,9	28,3

<sup>7</sup>  $A_i$  – Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil.

<sup>8</sup>  $A_u$  – Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior.

<sup>9</sup> Circulações e acesso ao edifício adjacente A (Pisos 1, 2 e 3)

Nota – Não se considerou as courettes presentes no edifício pois não são ventiladas e apenas se destinam ao alojamento de condutas para ventilação mecânica (Exemplo: Casas de banho)

## 2.3 Definição dos sistemas de ventilação e climatização

### 2.3.1 Climatização

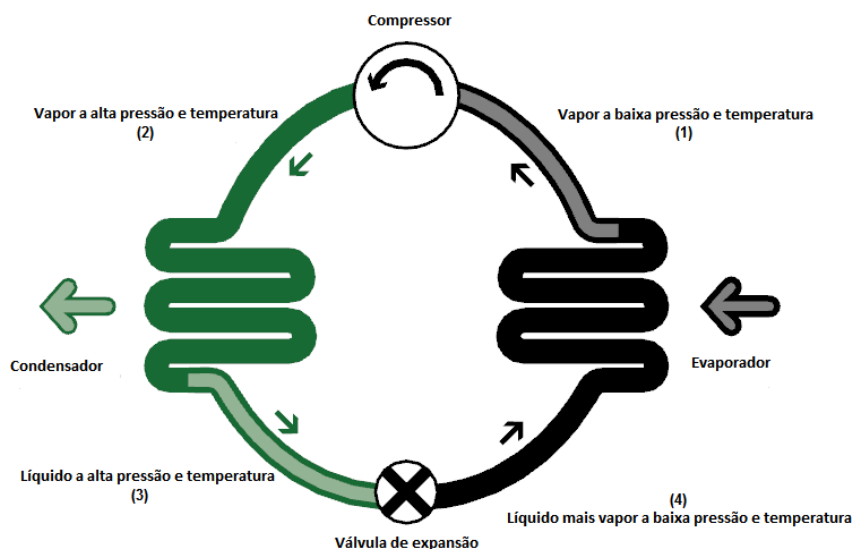
Neste edifício, apenas os espaços de escritório em open-space (pisos 1 a 8) mais o átrio principal e a pequena loja presente no piso 0 é que são climatizados. Para climatizar estes espaços o edifício encontra-se dotado com dois tipos de sistemas. Um sistema modular de volume de fluido frigorigéneo variável (VRV) e um sistema de unidades de tratamento de ar novo, associado a uma bomba de calor. O sistema VRV é responsável pelo tratamento das cargas térmicas presentes nos espaços enquanto o sistema das unidades de tratamento de ar novo (UTAN) tratam da qualidade e renovação do ar nos espaços. A bateria de aquecimento/arrefecimento das UTAN é abastecida por uma unidade exterior compacta, bomba de calor reversível, por meio de um circuito fechado de água.

#### 2.3.1.1 Bombas de calor – Breve síntese

Uma bomba de calor é um equipamento eléctrico que transfere calor de um ambiente para um outro ambiente. É uma tecnologia sob a qual assentam imensos equipamentos de uso quotidiano, por exemplo: frigoríficos, equipamentos de ar condicionado e etc.

A bomba de calor transfere o calor fazendo circular um fluido frigorigéneo num ciclo de evaporação e de condensação. O compressor põe o fluido a circular entre dois permutadores. Num dos permutadores o fluido frigorigéneo é evaporado a baixa pressão absorvendo calor do meio onde está, sendo em seguida comprimido e levado para o outro permutador onde condensa a alta temperatura libertando o calor absorvido anteriormente no evaporador mais o trabalho dissipado no compressor.

Na Fig. 2.33 é mostrada uma representação simples de uma bomba de calor e na Fig. 2.34 encontra-se diagramas temperatura-entropia e pressão-entalpia representando um ciclo frigorífico por compressão de vapor. (Heating and cooling with a heatpump – Natural Resources Canada – pp.3-7 – ISBN 0-662-37827-X – 2004)



**Figura 2.33 - Esquema simples de uma bomba de calor [Adaptado de: Heating and cooling with a heatpump – Natural Resources Canada – pp.3-7 – ISBN 0-662-37827-X – 2004]**

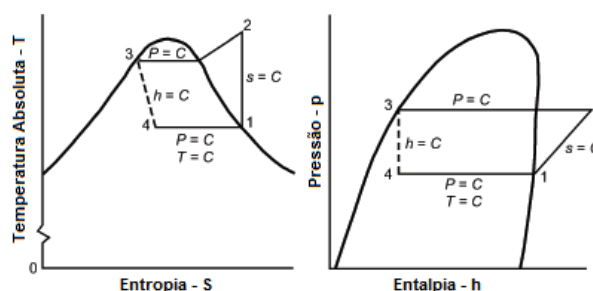


Figura 2.34 - Diagramas T-S e P-h (2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals, p2.7)

O ciclo da bomba de calor é reversível, isto é, dependendo das necessidades térmicas do espaço, pode fornecer calor ou frio.

Uma bomba de calor, genericamente, possui os seguintes componentes:

- Evaporador: É um permutador de calor onde o fluído frigorigéneo absorve o calor do meio ambiente, ferve e passa a vapor a baixa temperatura;
- Compressor: Comprime o fluído frigorigéneo aumentando a pressão e a temperatura deste;
- Condensador: Permutador de calor onde o fluído frigorigéneo liberta o calor absorvido no evaporador, ficando este no estado líquido;
- Válvula de expansão: Reduz a pressão e a temperatura originada pelo compressor, o fluído frigorigéneo passa a apresentar-se como uma mistura de líquido e vapor.

Nota: Fluído frigorigéneo - Substância líquida ou gasosa que circula pela bomba de calor, absorvendo, transportando ou libertando calor e, também, o trabalho dissipado pelo compressor.

### 2.3.1.2 Sistema VRV

O que é um sistema VRV? Um sistema VRV consiste numa unidade exterior de condensação que aloja no seu interior, compressores, condensadores, sistemas de controlo e segurança. Por sua vez a unidade exterior se encontra interligada por meio de um circuito fechado de fluido frigorigéneo a uma, ou várias (chegando em alguns casos, dependendo do fabricante, a 30) unidades interiores com evaporadores de expansão directa associados a ventiladores. (2008 ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment)

As unidades interiores são, tipicamente, evaporadores de expansão directa cujo controlo é obtido por meio de microprocessadores dedicados e dispositivos electrónicos de expansão individual. Cada unidade interior pode ser controlada por um termóstato individual. Uma única unidade exterior pode suportar várias unidades interiores com capacidades 130% superiores à da correspondente unidade exterior. (2008 ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment)

Na Fig. 2.35 está representado parte das unidades exteriores presentes no edifício, e na Fig. 2.36 está representado o ventilador de uma das unidades interiores.



**Figura 2.35 - Unidades exteriores Mitsubishi PUHY-P200YGM-A**



**Figura 2.36 - Exemplo unidade interior Mitsubishi PEFY-P-VMM-E**

De seguida descreve-se as características dos equipamentos VRV instalados neste edifício. (No CD que acompanha o relatório de dissertação apresentam-se as características técnicas do fabricante)



### **Unidades interiores:**

As unidades interiores presentes neste edifício são de marca Mitsubishi Electric, modelo PEFY-P-VMM-E. Dentro deste modelo existem algumas variantes em que o que muda é a capacidade de aquecimento e a capacidade de arrefecimento. Na Tabela 2.37 lista-se as variantes presentes.

**Tabela 2.37 - Variantes presentes no edifício**

<b>Modelo</b>	<b>Capacidade de Arrefecimento [kW]</b>	<b>Capacidade de Aquecimento [kW]</b>
PEFY-P20-VMM-E	2,2	2,5
PEFY-P25-VMM-E	2,8	3,2
PEFY-P32-VMM-E	3,6	4,0
PEFY-P40-VMM-E	4,5	5,0

Na Tabela 2.38 lista-se a quantidade de unidades interiores para climatização dos espaços por andar. Também se lista a potência total dos ventiladores associados a estas unidades interiores para cada espaço.

**Tabela 2.38 – Distribuição de unidades interiores**

<b>Descrição</b>	<b>PEFY-P20</b>	<b>PEFY-P25</b>	<b>PEFY-P32</b>	<b>PEFY-P40</b>	<b>Potência total dos ventiladores [kW]</b>
Loja + Átrio (Piso 0)	-	2	1	1	0,3
Openspace 1 a 8	6	4	-	-	0,75

### **Unidades exteriores:**

Cada piso é suportado por uma unidade exterior, isto é, as unidades interiores presentes num dado andar são servidas apenas pela unidade exterior associada a esse piso.

Neste edifício estão presentes nove unidades exteriores (Pisos 0 a 8) da marca Mitsubishi electric PUHY-P200YGM-A. Na Tabela 2.39 lista-se as características técnicas associadas a estas unidades exteriores.

**Tabela 2.39 - Características das unidades exteriores**

<b>Característica</b>	<b>PUHY-P200YGM-A</b>
Potência de arrefecimento [kW]	22,4
$COP_{Arrefecimento}$	3,65
Potência de aquecimento [kW]	25,0
$COP_{Aquecimento}$	4,18

### ***Fluido frigorigéneo:***

As unidades interiores encontram-se interligadas com as unidades exteriores por meio de um circuito fechado de fluido frigorigéneo. O fluido utilizado é o R410A, um fluido frigorigéneo que é uma mistura não azeotrópica 50/50 de dois fluidos, HFC32 e o HFC125. Segundo o ASHRAE Standard 34, que classifica o grau de perigosidade dos fluidos frigorigéneos, o R410A é classificado de A1 a classe menos perigosa de todas (2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals).

Quando comparado com um outro fluido frigorigéneo, o R22, com elevada penetração nas instalações de ar condicionado, o R410A apresenta pressões de trabalho mais elevadas (por exemplo:  $T_{\text{Condensador}} = 40^{\circ}\text{C}$ ,  $p_{\text{R410A}} = 25\text{bar}$  e  $p_{\text{R22}} = 15\text{ bar}$ ). Embora, nestas condições, o R410A sofra uma ligeira diminuição do EER em contrapartida obtém um aumento da potência frigorífica da ordem dos 40%. (Roriz, L.; p.489, 2007)

#### ***2.3.1.3 Sistema de UTAN***

Em geral as UTAN são constituídas por diversos equipamentos organizados de uma determinada maneira. Podem incluir ventiladores, bombas, baterias de aquecimento, bateria de arrefecimento, lavador de ar ou injectores, caixas de mistura, recuperador de calor sensível ou entálpico, válvulas e controlo. Actualmente estes equipamentos são concebidos para que o acesso e manutenção seja mais rápido e mais eficiente. (Roriz, L; p.320, 2007). O facto de ser UTAN é porque a UTA apenas utiliza ar novo exterior, não reutilizando parte do ar que é extraído dos espaços.

Como já dito anteriormente neste edifício o tratamento das cargas térmicas é efectuado recorrendo ao sistema de climatização VRV, ficando a renovação e tratamento do ar a cargo dos sistemas UTAN.

Este edifício é servido por nove UTAN de marca EVAC. No piso 1 o modelo é o UC10 enquanto para os restantes pisos o modelo usado é o UC20. As diferenças entre os dois modelos prendem-se com as potências de aquecimento e de arrefecimento que cada modelo pode fornecer e, também, com o volume de ar fornecido. No CD que acompanha o relatório de dissertação apresenta-se as características das UTAN presentes.

Na Fig. 2.37 apresenta-se uma imagem das UTAN referidas anteriormente.



**Figura 2.37 - UTAN EVAC Gama UC**

Na Tabela 2.40 estão definidos os caudais de ar insuflados nos espaços pelas UTAN. Ar já tratado e com temperatura de acordo com a estação do ano, aquecimento (20°C) ou arrefecimento (25°C). É também importante referir que a potência do ventilador de insuflação para cada uma das UTAN é de 0,3kW (Valor obtido no local).

**Tabela 2.40 - Caudais insuflados pelas UTAN**

<b>Espaço</b>	<b>Caudal de ar insuflado [m<sup>3</sup>/h]</b>
Loja Piso 0	1285
Átrio Piso 0	1115
Escritório/Openspace Pisos 1 a 8	1620

O Abastecimento da baterias de aquecimento/arrefecimento das UTAN presentes no edifício é feito por um circuito fechado de água. Este circuito é alimentado por uma unidade compacta chiller/bomba de calor reversível de marca CIAT cujo modelo é AQUACIAT 2 350V, na Fig. 2.38 podemos observar o equipamento.



**Figura 2.38 - Bomba de calor reversível CIAT AQUACIAT2**

No CD que acompanha o relatório de dissertação vai a ficha técnica da bomba de calor reversível AQUACIAT 2 350V, no entanto, na Tabela 2.41 regista-se características importantes acerca deste equipamento.

**Tabela 2.41- Características importantes sobre a bomba de calor reversível**

<b>Modelo</b>	<b>Potência arrefecimento [kW]</b>	<b>Potência aquecimento [kW]</b>	<b>COP<sub>Arrefecimento</sub></b>	<b>COP<sub>Aquecimento</sub></b>
CIAT AQUACIAT2 350V	92,8	95,0	2,96	3,03

Para fazer circular a água presente no circuito de abastecimento das UTAN existe uma bomba de circulação de água. Trata-se de uma bomba de circulação de água marca CIAT (Versão C, Modelo 43 – No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se a ficha técnica com os dados da bomba). Esta Bomba possui uma potência nominal de 1,85kW.

### 2.3.2 Ventilação mecânica

Neste edifício existem um conjunto de ventiladores responsáveis por insuflar e extrair ar. Desde a extracção de ar dos escritórios/openspace, loja, átrio principal, casas de banho, salas para equipamento AVAC, armazém no piso -1, antecâmara WC e hall de elevadores até a insuflação de ar para o armazém piso -1, átrio principal e hall de elevadores.

Na Fig. 2.39 é apresentado um dos ventiladores.



Figura 2.39 - Ventilador de extracção das casas de banho

De seguida apresenta-se, nas Tabelas 2.42 e 2.43, os ventiladores e suas características bem como os espaços que servem piso a piso.

#### *Ventiladores de insuflação:*

Tabela 2.42 - Ventiladores de insuflação

Descrição	Marca	Modelo	Potência [kW]	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Espaço que serve
VIB -1.1	ANEMOS	CDA15 15/15	1,5	6885	Piso -1: Armazém
VPB -1.1	ANEMOS	CDA IN 10/10-14	0,55	3600	Piso -1: Armazém
VI SAS	ANEMOS	CDA 10 10/10	0,55	3600	<b>Nota 1</b>

*Nota 1:* Este ventilador insufla ar para o armazém (1000m<sup>3</sup>/h), para o átrio principal do piso 0 (1000m<sup>3</sup>/h) e para cada hall de elevadores dos pisos 1 a 8 (8×200m<sup>3</sup>/h).

### *Ventiladores de extracção:*

**Tabela 2.43 - Ventiladores de extracção**

<b>Descrição</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência [kW]</b>	<b>Caudal [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Espaço que serve</b>
VEB -1.1	ANEMOS	CDA15 15/15	1,5	7650	Piso -1: Armazém
VEB 0.1	ANEMOS	CDA IN 9/9	0,373	1000 + 373	Piso 0: Loja + Átrio
VE WC	ANEMOS	CDA12 12/12	1,1	4365	<b>Nota 2</b>
VE SAS	ROSENBERG	THEBE 315-2	1,1	3065	<b>Nota 3</b>
VEB a.2	ANEMOS	CDA IN 7/7	0,147	640	<b>Nota 4</b>
VEB b.1	ROSENBERG	RS250	0,098	430	<b>Nota 4</b>

*Nota 2:* Este ventilador de extracção é responsável pela extracção do ar das casas de banho do edifício. 765m<sup>3</sup>/h para a casa de banho do piso 0 e 450 m<sup>3</sup>/h para as casas de banho dos pisos 1 a 8.

*Nota 3:* Este ventilador de extracção é responsável pela extracção de parte do ar do armazém (825m<sup>3</sup>/h), também pela extracção de parte do ar do átrio principal no piso 0 (800m<sup>3</sup>/h) e, por fim, extracção de parte do ar em cada hall de elevadores dos pisos 1 a 8 (8×180m<sup>3</sup>/h).

*Nota 4:* Estes ventiladores de extracção são responsáveis pela extracção do ar dos escritórios/openspace dos pisos 1 a 8 (950m<sup>3</sup>/h) e, também, das salas para equipamentos AVAC (60 m<sup>3</sup>/h) e antecâmaras WC dos pisos 1 a 8 (60m<sup>3</sup>/h). Para cada um dos pisos de 1 a 8 existe um par destes ventiladores, a designação “a” ou “b” refere-se ao piso onde se encontram os ventiladores, por exemplo: VEB 1.1, ..., 8.1 ou VEB 1.2, ..., 8.2, etc.

Uma última nota prende-se com o facto de nos escritórios/openspace dos pisos 1 a 8 ser insuflado mais ar do que aquele que é extraído. Isto provoca uma pressurização dos espaços em causa, reduzindo as infiltrações. Exemplo, caudal insuflado no openspace piso 2 é de 1620 m<sup>3</sup>/h enquanto o caudal de ar extraído é de 950 m<sup>3</sup>/h.

## 2.4 Iluminação

Neste subcapítulo será definida a iluminação presente no edifício. A iluminação interior é feita recorrendo, na sua grande maioria, a lâmpadas fluorescentes do tipo T5, com o uso de “spots” de encastrar em certos espaços.

Em relação às luminárias que alojam as lâmpadas fluorescentes, todas possuem balastro electrónico o que se traduz numa redução consumo eléctrico por parte da iluminação associada as luminárias.

De seguida lista-se a iluminação presente:

- Luminária fluorescente, montagem saliente - 2×49W (LFMS 49\_2);
- Luminária fluorescente, montagem saliente - 2×28W (LFMS 28\_2);
- Luminária fluorescente, montagem saliente - 1×49W (LFMS 49\_1);
- Luminária fluorescente, montagem saliente - 1×28W (LFMS 28\_1);
- Luminária fluorescente, montagem encastrada - 4×14W (LFME 14\_4);
- Armadura fluorescente compacta - 11W (AFC 11W);
- Spot de encastrar – 50W (SE 50W).

Na Tabela 2.44 expõe-se os consumos das lâmpadas com balastro electrónico, informação obtida na auditoria.

Tabela 2.44 - Consumos das lâmpadas

Potência da lâmpada fluorescente T5 [W]	Consumo Conjunto <sup>10</sup> (Balastro electrónico) [W]
14	17
28	33
49	56

Na Fig. 2.40 mostra-se uma foto que capta algumas das luminárias de montagem encastrada (4×14W).



Figura 2.40 - Luminárias de montagem encastrada 4x14W

<sup>10</sup> No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se a tabela com os dados sobre os consumos para este tipo de iluminação (marca PHILIPS)

Na Tabela 2.45 discrimina-se por espaço a iluminação presente bem como a potência total para cada espaço.

**Tabela 2.45 - Iluminação por espaço e potência total**

<b>Espaços</b>	<b>Quantidade por espaço</b>							<b>Potência total [W]</b>
	<b>LFMS 49_1</b>	<b>LFMS 28_1</b>	<b>LFMS 49_2</b>	<b>LFMS 28_2</b>	<b>LFME 14_4</b>	<b>AFC 11W</b>	<b>SE 50W</b>	
Piso -1 – Armazém	14	-	7	2	-	-	-	1700
Piso 0 – Loja	-	-	-	-	17	-	-	1156
Piso 0 – Átrio principal	-	-	-	-	-	-	12	600
Piso 0 – WC	-	-	-	-	-	-	14	700
Pisos 0 a 8 – Salas para equipamento AVAC	-	2	-	-	-	-	-	66
Pisos 1 a 8 – Escritórios/Openspace	-	-	-	-	40	-	-	2720
Pisos 1 a 8 – Hall de elevadores	-	-	-	-	-	-	4	200
Pisos 1 a 8 – AntecâmaraWC	-	-	-	-	-	-	3	150
Pisos 4 e 5 (Piso 3) – Antecâmaras	-	-	-	-	-	-	2 (4)	100 (200)
Pisos 6 a 8 – Circulações	-	-	-	-	-	-	2	100
Cobertura – Casa das máquinas	-	-	-	2	-	-	-	132
Cobertura – Antecâmara	-	-	-	2	-	-	-	132
Escadaria de emergência	-	-	-	-	-	44	-	484
Piso 0 – Iluminação exterior	-	-	-	-	-	-	15	750

## 2.5 Ocupação

Na Tabela 2.46 lista-se o número de ocupantes contabilizados nos vários espaços deste edifício. As contagens foram obtidas na auditoria efectuada ao edifício.

**Tabela 2.46 - Ocupação**

<b>Espaço</b>	<b>Número de ocupantes</b>
Piso 0 – Loja	9
Piso 0 – Átrio Principal	5
Piso 0 – WC	2
Piso 1 – Escritório/Openpace	11
Piso 2 – Escritório/Openpace	22
Piso 3 – Escritório/Openpace	32
Piso 4 – Escritório/Openpace	36
Piso 5 – Escritório/Openpace	25
Piso 6 – Escritório/Openpace	15
Piso 7 – Escritório/Openpace	36
Piso 8 – Escritório/Openpace	23
Piso 4 – WC	2
Piso 8 – WC	2
<b>Total</b>	<b>220</b>



## 2.6 Equipamentos

Neste capítulo é discriminado os equipamentos presentes nos vários espaços. Para efeitos de simulação, dado que em auditoria apenas foi possível fazer o levantamento dos equipamentos, os consumos adoptados (aproximados) foram retirados do 2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals.

Na Tabela 2.47 listam-se os vários equipamentos existentes.

**Tabela 2.47 - Levantamento dos equipamentos por espaço**

<b>Espaço</b>	<b>Computadores (Monitor + Desktop)</b>	<b>Impressoras</b>	<b>Multifunções</b>
Piso 0 – Loja	4	-	1
Piso 0 – Átrio Principal	1	-	1
Piso 1 – Escritório/Openspace	25	3	2
Piso 2 – Escritório/Openspace	31	6	2
Piso 3 – Escritório/Openspace	33	2	1
Pisos 4 a 8 – Escritório/Openspace	27	2	1

Na Tabela 2.48 expõem-se os valores dos consumos de energia para os equipamentos.

**Tabela 2.48 - Consumos eléctricos dos equipamentos**

<b>Equipamento</b>	<b>Consumo [W]</b>
Computador <sup>11</sup>	190
Impressora <sup>12</sup>	320
Multifunções <sup>13</sup>	135

Pelo acima exposto, na Tabela 2.49, lista-se a potência total dos equipamentos associado a cada espaço.

**Tabela 2.49 - Potência total dos equipamentos por espaço**

<b>Espaço</b>	<b>Potência total [W]</b>
Piso 0 – Loja	895
Piso 0 – Átrio Principal	325
Piso 1 – Escritório/Openspace	5980
Piso 2 – Escritório/Openspace	8080
Piso 3 – Escritório/Openspace	7045
Pisos 4 a 8 – Escritório/Openspace	5905

<sup>11</sup> Tabela 8, Desktop computer manufacturer A – Model C (100W consumo médio) mais Flat-panel monitor manufacturer X – Model A (90W consumo médio); p18.12; 2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals

<sup>12</sup> Tabela 12, Heavy load density, Laser printer – small office; p18.13; 2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals

<sup>13</sup> Tabela 9, Multifunction (copy, print, scan), medium desktop type, average power consumption; p18.12; 2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals

## 2.7 Elevadores

O edifício em estudo é servido por dois elevadores de marca OTIS. Devido à impossibilidade de saber os consumos eléctricos destes elevadores, para conhecer uma estimativa dos consumos, recorreu-se a uma folha de cálculo própria para o efeito disponibilizada pela marca em:

- [http://www.aobr.on.com.br/Rac\\_Energia/Internet\\_Pages/PlanilhaCalc.asp](http://www.aobr.on.com.br/Rac_Energia/Internet_Pages/PlanilhaCalc.asp)

Para obter a estimativa, na Tabela 2.50, indica-se os dados necessários.

**Tabela 2.50 - Dados e informações sobre os elevadores presentes no edifício em estudo**

<b>Informações</b>	<b>Dados</b>
Número de pisos	11
Número de ocupantes	220
Capacidade de carga do elevador	8 Passageiros
Número de elevadores	2
A que se destina o edifício	Edifício de serviços/Escritórios

Tratando-se de elevadores de corrente alternada, cuja actuação do motor é por meio de engrenamentos (tecnologia antiga), o consumo estimado pela folha de cálculo para o total dos dois elevadores situa-se nos 430kWh/mês, o que perfaz por ano 5160 kWh/ano.

No CD que acompanha o relatório de dissertação mostra-se os resultados obtidos pela folha de cálculo disponibilizada pela OTIS.

# Capítulo 3

*Modelação em TRACE700*



### 3. Modelação em TRACE700

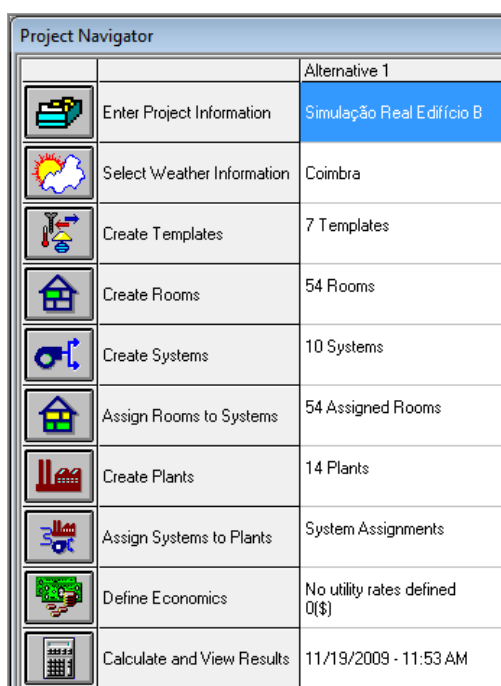
#### Resumo do capítulo

Descrição sumária do processo de modelação do edifício no software de simulação dinâmica detalhada TRACE700.

#### 3.1 Modelação

Neste capítulo aborda-se sucintamente a temática da modelação em TRACE700 (a versão utilizada, neste trabalho, deste programa foi a V.6.1.2). De uma forma geral será descrito as etapas necessárias para modelar o edifício em estudo de modo a se poder efectuar as simulações necessárias (Real e Nominal – Abordado no capítulo 4) para este trabalho.

Representado na Fig. 3.1 encontra-se o “Project Navigator” (Navegador de projecto). Este navegador guia o utilizador por todas as etapas necessárias para calcular as necessidades de aquecimento, de arrefecimento e não só. Começando por cima, cada “botão” abre uma “janela” com uma ou mais folhas de trabalho, que requerem a introdução de informações importantes.



Project Navigator		Alternative 1
	Enter Project Information	Simulação Real Edifício B
	Select Weather Information	Coimbra
	Create Templates	7 Templates
	Create Rooms	54 Rooms
	Create Systems	10 Systems
	Assign Rooms to Systems	54 Assigned Rooms
	Create Plants	14 Plants
	Assign Systems to Plants	System Assignments
	Define Economics	No utility rates defined 0(\$)
	Calculate and View Results	11/19/2009 - 11:53 AM

Figura 3.1 - Navegador de projecto (Project Navigator)

Após o devido preenchimento das várias folhas de trabalho, o navegador é actualizado para mostrar as mais diversas informações sobre o modelo criado.

De seguida faz-se uma breve descrição de cada botão e suas funcionalidades.

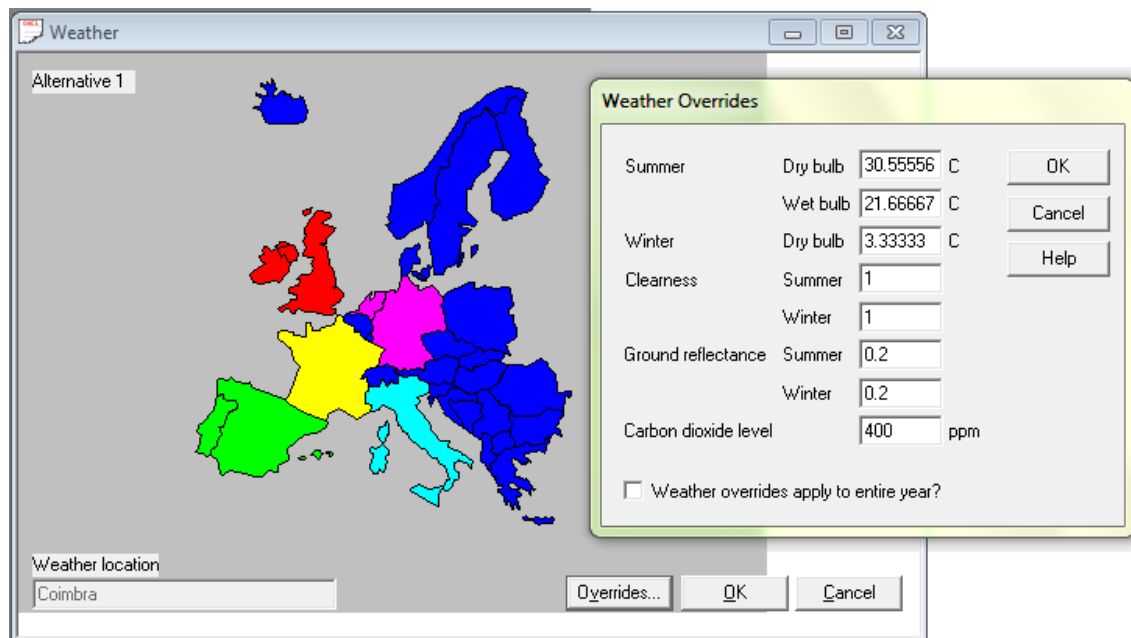
#### ***Enter Project Information:***

Este botão abre uma janela onde se pode introduzir informações de carácter geral sobre o edifício a ser estudado (Por exemplo: Descrição, Projecto e etc.)

### **Select Weather Information:**

Neste botão escolhe-se o clima do local onde se encontra situado o edifício. É uma informação importante na medida em que, entra para o cálculo das cargas térmicas de aquecimento e de arrefecimento e, conseqüentemente, na simulação dos sistemas de climatização – Indirectamente influencia os consumos eléctricos. É importante que o local escolhido seja o mais próximo possível do local do edifício. No caso deste trabalho importou-se para o software TRACE700 o ficheiro climático, correspondente ao clima de Coimbra, da base de dados climática do programa SOLTERM, a base climática de referência para softwares de simulação detalhada para Portugal.

Na Fig. 3.2 mostra-se uma imagem sobre a escolha do clima no TRACE700.



**Figura 3.2 – Definição do clima (Coimbra)**

Nota: A importação de ficheiros climáticos é feita recorrendo à funcionalidade do TRACE700: “Library/Template Editors” tratado mais à frente.

### Create Templates:

No botão “create templates” pode-se predefinir valores que depois podem ser usados para acelerar o processo de introdução ou modificação de informação no modelo. Exemplos: Cargas térmicas, caudais de insuflação, parâmetros construtivos e etc. Esta funcionalidade é particularmente interessante quando existe uma grande quantidade de espaços cujas características são muito semelhantes. Na Fig. 3.3 mostra-se uma figura com a janela associada ao “Create Templates”.

Figura 3.3 - Janela Create Templates, aba “Internal Load”

### Create Rooms:

É na folha de trabalho associado a este botão que se define os mais diversos espaços que constituem o modelo do edifício. É constituída por 7 abas, que se mostram de seguida, nas Figuras 3.4 a 3.9.

- Aba “Single Sheet”:

Figura 3.4 - Aba “Single Sheet”

Nesta aba define-se a envolvente exterior do nosso espaço, as cargas internas e os caudais de ar insuflado no espaço, o uso dos templates pode de certa forma acelerar o processo de definição dos espaços.

- Aba “Rooms”:

The 'Create Rooms - Rooms' dialog box is shown. It includes sections for 'Alternative 1', 'Room description' (Piso: 1 -- Open Space), 'Templates...' (Room, Internal, Airflow, Tstat, Constr), 'Size...' (Length, Width, Height, Floor to floor, Plenum, Above ground), 'Duplicate...' (Floor multiplier, Rooms per zone), 'Room mass/avg time lag', 'Slab construction type', 'Acoustic ceiling resistance', 'Design...' (Cooling dry bulb, Heating dry bulb, Relative humidity, Thermostat..., Cooling driftpoint, Heating driftpoint, Cooling schedule, Heating schedule), 'Sensor Locations...' (Thermostat, CO2 sensor), 'Humidity...' (Moisture capacitance, Humidistat location), and buttons for 'Apply', 'Close', 'New Room', 'Copy', and 'Delete'. The bottom tab bar shows 'Single Sheet', 'Rooms' (selected), 'Roofs', 'Walls', 'Int Loads', 'Airflows', and 'Partn/Floors'.

**Figura 3.5 - Aba “Rooms”**

Nesta aba, é também possível criar novos espaços, mas o principal objectivo é de definir os parâmetros relacionados com as temperaturas (aquecimento e arrefecimento) do espaço bem como a humidade. É também nesta aba que se define a altura entre pisos e a existência ou não de tecto falso.

- Aba “Roofs”:

The 'Create Rooms - Roofs' dialog box is shown. It includes sections for 'Alternative 1', 'Room description' (Piso: 8 -- Open Space), 'Templates...' (Room, Internal, Airflow, Tstat, Constr), 'Roof...' (Piso: 8 Este, Piso: 8 Horizontal, Piso: 8 Oeste, Piso: 8 Sul), 'Tag' (Piso: 8 Sul), 'Construct' (4" LW Conc), 'U-factor', 'Pitch', 'Direction', 'Skylight...' (Roof area, Length, Width, Quantity, Type, U-factor, Sh. Coef, Ld to RA), 'Shading...' (Internal), and buttons for 'Apply', 'Close', 'New Roof', 'Copy', and 'Delete'. The bottom tab bar shows 'Single Sheet', 'Rooms', 'Roofs' (selected), 'Walls', 'Int Loads', 'Airflows', and 'Partn/Floors'.

**Figura 3.6 - Aba “Roofs”**

Nesta aba define-se as coberturas para os espaços que as possuam. Dados necessários vão desde a orientação das coberturas, coeficientes de transmissão térmica até a existência de clarabóias (ou outro tipo de iluminação pela cobertura) e respectivo sombreamento.



- Aba “Walls”:

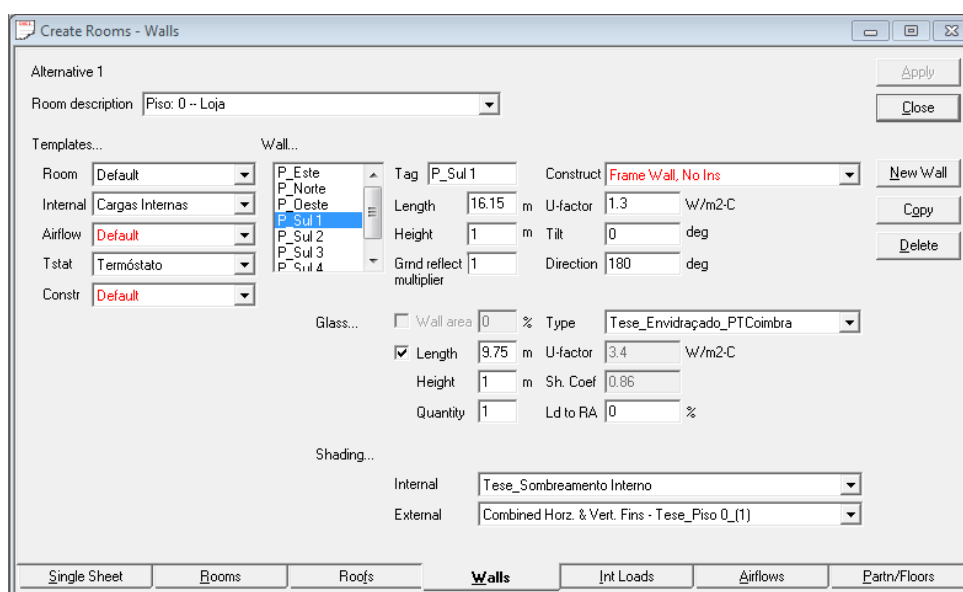


Figura 3.7 - Aba “Walls”

Nesta aba refina-se a informação introduzida na aba “Single Sheet” no que diz respeito à envolvente exterior. Isto é, a definição dos coeficientes de transmissão térmica superficial das paredes, a caracterização do tipo de envidraçado e a definição (caso exista) dos sombreamentos, quer internos, quer externos.

Neste software para caracterizar os envidraçados é necessário conhecer o chamado “Shading Coefficient”, este valor é diferente do factor solar  $g_{\perp}$  (utilizado na Europa) pelo que foi necessário efectuar uma conversão para se poder efectuar a simulação. Essa conversão foi obtida recorrendo ao 2005 ASHRAE Handbook Fundamentals Eq.91 p.31.39, a fórmula é a que se segue:

$$SC_{\text{Shading Coefficient}} = \frac{g_{\perp}}{0,87}$$

Sabe-se, do capítulo 2, que todos os envidraçados do edifício possuem um  $g_{\perp} = 0,75$  então o SC assume o valor de 0,86. A nível de sombreamento interno, como  $g_{\perp \text{ estação de arrefecimento}} = 0,48$ , o SC assume o valor de 0,55. A caracterização dos envidraçados e dos sombreamentos internos é feita na “Library/Template Editors” visto mais à frente.

- Aba “Int loads”:

Nesta aba é possível refinar as informações introduzidas na aba Single Sheet em relação às cargas internas.

- Aba “Air flows”:

**Figura 3.8 - Aba “Airflows”**

Nesta aba define-se (ou complementa-se) as informações referentes à ventilação presente no edifício, bem como os caudais de extracção, infiltrações entre outros.

Sabe-se, do capítulo 2, que o edifício se encontra pressurizado, na parte correspondente às infiltrações definiu-se em concordância.

- Aba “Partn/Floors”:

**Figura 3.9 - Aba “Partn/Floors”**

Nesta aba define-se quais as superfícies do nosso espaço que estão em contacto com ambientes que se demarcam completamente do ambiente do espaço em que estão em contacto. Isto é, paredes/pavimentos em contacto com espaços não úteis, ou cuja diferença de temperaturas seja apreciável. No caso dos pavimentos, também, ambiente exterior. É também possível definir (caso exista) pontes térmicas lineares do tipo “pavimentos em contacto com o terreno” - RCCTE p.2494.

Para caracterizar as superfícies é necessário quantificar área de parede que separa os dois espaços, o coeficiente de transmissão térmica que representa essa mesma parede e a temperatura do espaço não útil. As temperaturas já se encontram calculadas no capítulo 2.2.2.8. No caso de os espaços estarem enterrados recorreu-se ao método (Method) Sinefit, segundo o fabricante do software é o método recomendado, para o caso não estar enterrado utilizou-se o método Prorated. No caso dos pavimentos em contacto com o exterior não é necessário calcular a temperatura, apenas define-se o método “Hourly OABD” em que o software usa as temperaturas exteriores do ficheiro climático seleccionado.

### Create Systems:

Na folha de trabalho associado a este botão define-se o tipo de sistema AVAC que está presente no edifício, deste modo o programa pode proceder ao cálculo das cargas térmicas do edifício. É constituída por 7 abas, que se mostram nas Figuras 3.10 a 3.16.

- Aba “Selection”:

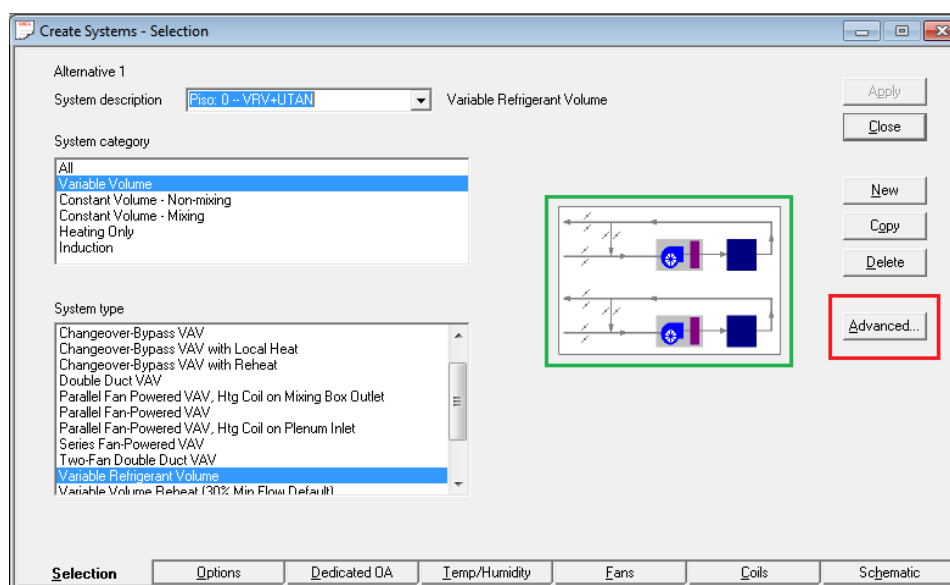


Figura 3.10 – “Aba Selection”

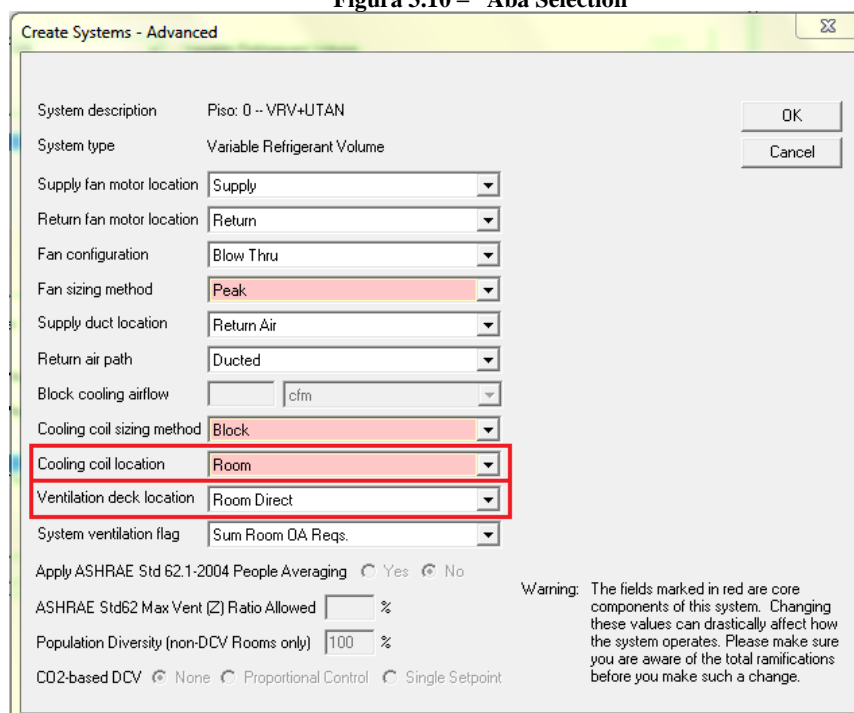
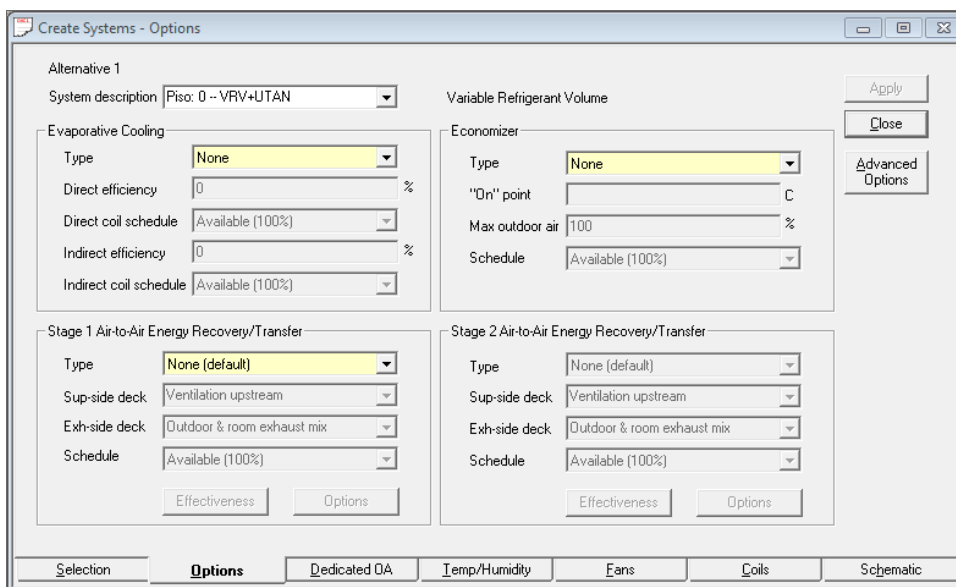


Figura 3.11 - Janela que surge ao seleccionar o botão "Advanced" na aba "Selection"

É nesta aba que se selecciona os sistemas AVAC presentes no edifício em estudo. Como já enunciado no capítulo 2, o sistema AVAC deste prédio é constituído por um sistema VRV (Volume de fluido frigorígeno variável) e um sistema de UTAN (unidades de tratamento de ar novo), na Fig. 3.10 mostra-se a selecção do sistema VRV+UTAN para o piso 0. Para definir a localização das unidades interiores e indicar como é insuflado o ar no espaço, selecciona-se o botão “Advanced”, e nos locais demarcados a vermelho (Fig. 3.11), selecciona-se a localização das unidades interiores (Room) e como é insuflado o ar no espaço (Room direct – Directamente no espaço).

Na aba “Selection” o programa mostra um pequeno esquema do sistema seleccionado (demarcado a verde na Fig. 3.10).

- Aba “Options”:



**Figura 3.12 - Create systems, aba "Options"**

Nesta aba (Fig. 3.12) é possível definir uma série de opções, caso estejam presentes, para o sistema criado, como por exemplo: arrefecimento evaporativo, recuperação de energia, economizadores entre vários. No caso do edifício em estudo não há nenhum equipamento que se enquadre nos exemplos anteriores, como tal, nesta parte não se definiu nada.

- Aba “Dedicated OA”:

**Figura 3.13 - Create systems, aba “Dedicated OA”**

É nesta aba (Fig. 3.13) que se define a unidade de tratamento de ar novo (UTAN), esta unidade trata da apenas da qualidade do ar que é insuflado no espaço. Para caracterizar a UTAN no TRACE700, define-se as temperaturas de insuflação do ar na estação de aquecimento e na estação de arrefecimento (20°C e 25°C respectivamente), os perfis de funcionamento para as baterias de aquecimento e de arrefecimento como também o perfil de funcionamento do ventilador da UTAN. Também definimos como é insuflado o ar no espaço após a passagem pela UTAN, neste caso room direct – directamente no espaço.

- Aba “Temp/Humidity”:

**Figura 3.14 - Create Systems, aba "Temp/Humidity"**

Nesta aba (Fig. 3.14) pode-se limitar as temperaturas na estação de aquecimento e na estação de arrefecimento utilizadas pelo programa. Bem como, se estivesse presente, controlar o processo de humificação/desumidificação. Deste modo o programa vai calcular as cargas térmicas para as temperaturas definidas.

- Aba “Fans”:

	Type	Static Pressure (kPa)	Full Load Energy Rate	Full Load Energy Rate Units	Schedule
Primary	VRV Indoor Fan	0.1	0.3	kW	Tese_Perfil de Funcionament
Secondary	None	0	0	kW/Cfm	Available (100%)
Return	None	0	0	kW/Cfm	Available (100%)
System exhaust	None	0	0	kW/Cfm	Available (100%)
Room exhaust	FC Centrifugal const vol	0.1	0.373	kW	Tese_Perfil de Funcionament
Optional ventilation	FC Centrifugal const vol	0.1	0.3	kW	Tese_Perfil de Funcionament
Auxiliary	None	0	0	kW/Cfm	Available (100%)

Figura 3.15 - Create systems, aba “Fans”

Nesta aba (Fig. 3.15) define-se os parâmetros associados aos ventiladores do sistema, isto é, as potências dos ventiladores (VRV, UTAN e extracção) e respectivos perfis de funcionamento. Dado que por cada escritório/openspace, loja e átrio principal existe mais que uma unidade interior do sistema VRV, para obter a potência a definir no programa, somou-se a potência dos ventiladores das unidades interiores, e o resultado dessa soma foi o que se definiu no software. Sendo feita a mesma coisa para os ventiladores de extracção. O “Optional Ventilation” refere-se ao ventilador da UTAN.

- Aba “Coils”:

Nesta aba (Fig. 3.16) permite modificar factores de funcionamento do sistema AVAC, como a capacidade de aquecimento e arrefecimento dos permutadores mais os respectivos perfis de funcionamento.

	Capacity	Capacity Units	Schedule
Main cooling	100	% of Design Cooling Capacity	Tese_Perfil de Funcionament
Auxiliary cooling		% of Design Cooling Capacity	Available (100%)
Main heating	100	% of Design Capacity	Tese_Perfil de Funcionament
Auxiliary heating		% of Design Capacity	Available (100%)
Preheat	100	% of Design Capacity	Available (100%)
Reheat	100	% of Design Capacity	Available (100%)
Humidification	0	% of Design Capacity	Off (0%)

Diversity:

People: 100 %

Lights: 100 %

Misc loads: 100 %

Figura 3.16 - Create systems, aba “Coils”

- Sistema desligado

Para efeitos de simulação real e nominal foi criado um sistema que para todos os efeitos está desligado, sendo associado a esse sistema todos os espaços não climatizados (Fig. 3.17). Isto assim foi feito para que o programa pudesse contabilizar os consumos eléctricos, pois embora estes espaços não sejam climatizados, tem consumos energéticos que tem que ser contabilizados (como por exemplo: consumo eléctrico devido à iluminação e consumos eléctricos relacionados com ventilação) para efeitos de verificação e validação da simulação e cálculo do indicador de eficiência energética.

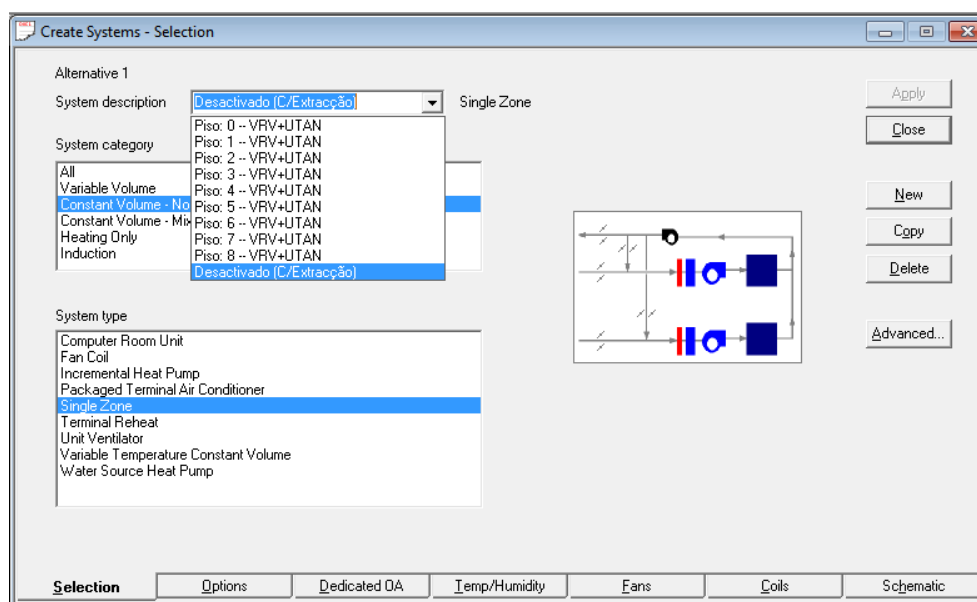


Figura 3.17 - Indicação do sistema desligado

### Assign Rooms to Systems:

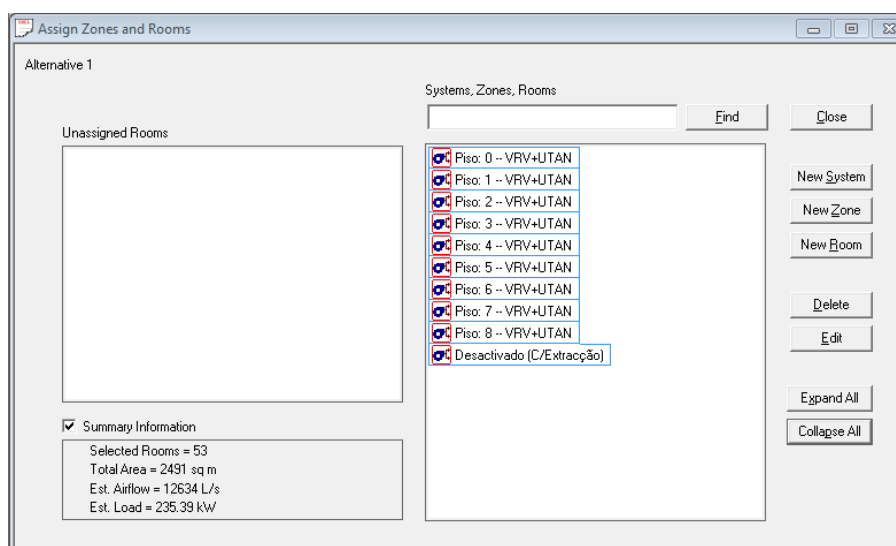


Figura 3.18 - Janela associada ao "Assign Rooms to Systems"

Depois de criados todos os espaços e todos os sistemas AVAC que os servem é nesta janela que se associa cada espaço ao sistema que o serve (Fig. 3.18).

### Create Plants:

Nesta parte do programa caracteriza-se os equipamentos que servem os sistemas AVAC criados anteriormente, no caso do edifício em estudo será o chiller/bomba de calor CIAT modelo AQUACIAT2 350V e as unidades exteriores Mitsubishi PUHY-P200YGM-A.

- Aba “Configuration”:

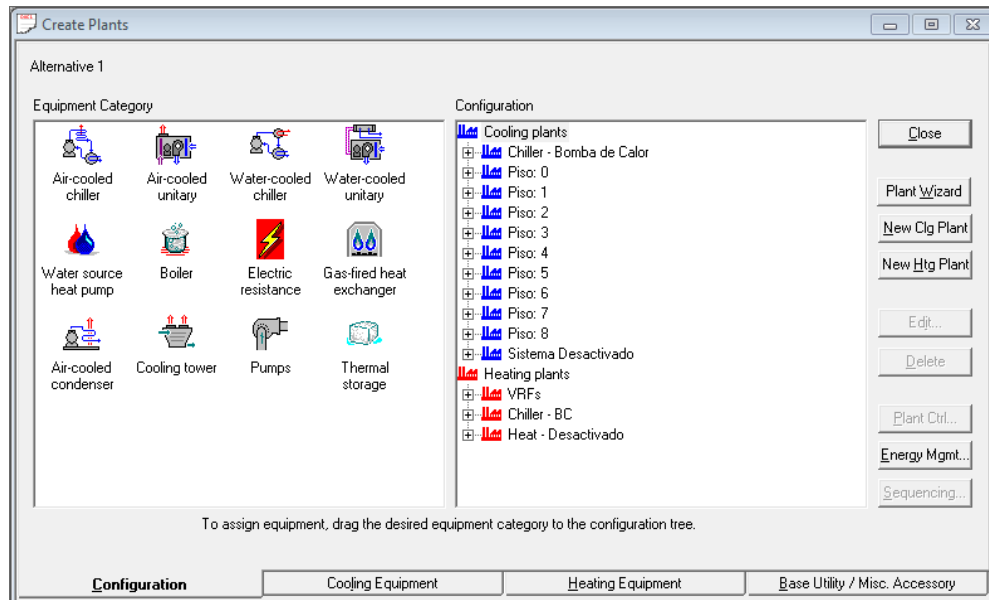


Figura 3.19 - Create plants, aba “Configuration”

Na Fig. 3.19 pode-se ver a definição do Chiller/Bomba de calor e das unidades exteriores Mitsubishi PUHY-P200YGM-A, designadas pelo piso que servem (Piso 0, ..., Piso 8) também o tal sistema desligado.

- Aba “Cooling Equipment”:

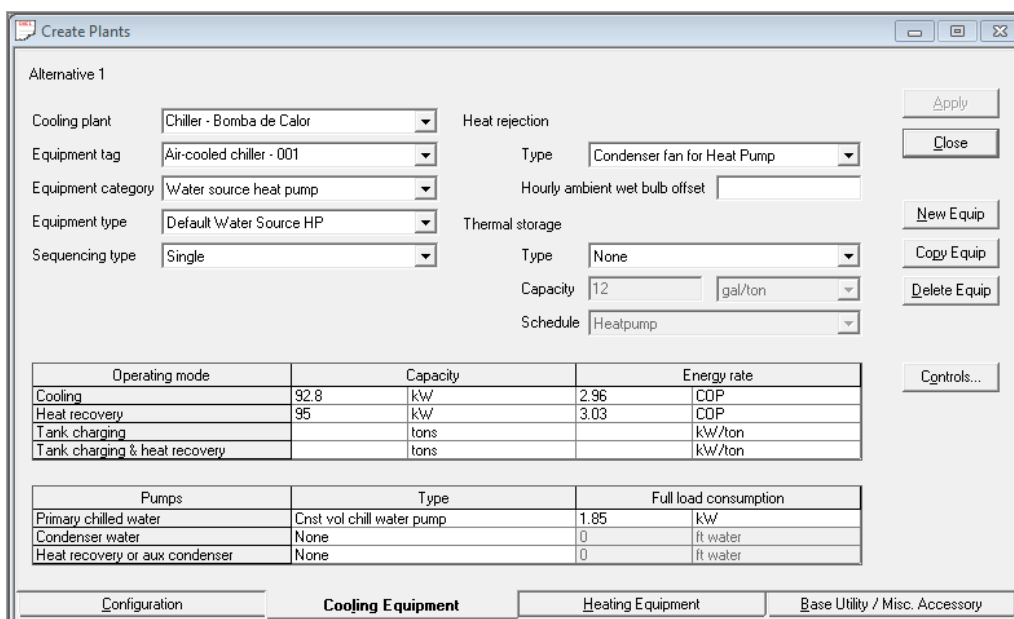
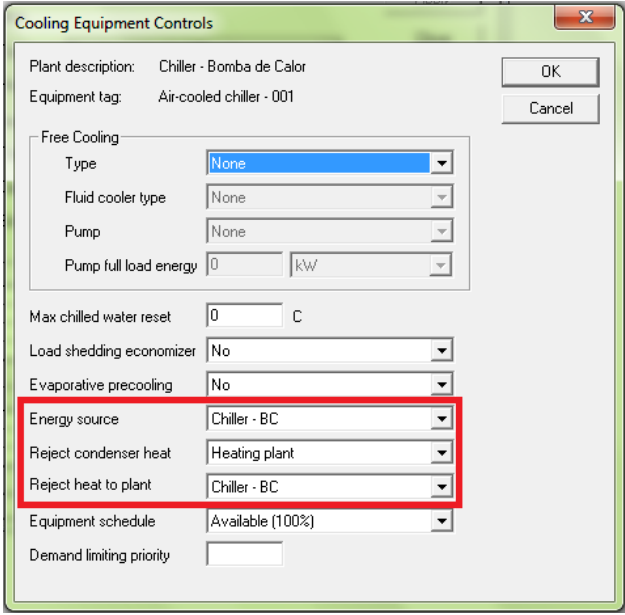


Figura 3.20 - Create plants, aba “Cooling equipment”



É nesta aba que se define as características técnicas dos equipamentos de produção de frio que servem os sistemas AVAC. Como os sistemas presentes no edifício são ao fim ao cabo bombas de calor, a parte relacionada com a produção de calor também é definida nesta aba, mesmo que seja dedicada aos equipamentos de produção de frio. No exemplo da Fig. 3.20 temos a caracterização do chiller-bomba de calor, com potência de arrefecimento de 92,8kW e um COP associado de 2,96. Para caracterizar a produção de calor deste chiller-bomba de calor define-se a potência de aquecimento de 95 kW na definição “Heat Recovery”, com um COP associado de 3,03. Define-se também a potência da bomba de circulação de água, já conhecida do capítulo 2, em 1,85kW.



The screenshot shows the 'Cooling Equipment Controls' window. The 'Plant description' is 'Chiller - Bomba de Calor' and the 'Equipment tag' is 'Air-cooled chiller - 001'. The 'Free Cooling' section has 'Type' set to 'None'. The 'Max chilled water reset' is 0 C. 'Load shedding economizer' and 'Evaporative precooling' are both set to 'No'. The 'Energy source' is 'Chiller - BC', 'Reject condenser heat' is 'Heating plant', and 'Reject heat to plant' is 'Chiller - BC'. The 'Equipment schedule' is 'Available (100%)' and 'Demand limiting priority' is empty. The 'Energy source', 'Reject condenser heat', and 'Reject heat to plant' fields are highlighted with a red rectangle.

**Figura 3.21 - Definições do equipamento de arrefecimento**

Como a produção de calor foi tratada na secção de “Heat recovery” na aba do “Cooling equipment” é necessário definir o local para onde esse calor recuperado, fictício, é rejeitado (fictício porque o chiller calor) neste caso é rejeitado para um equipamento de aquecimento criado da aba “Heating equipment” e a indicação de tal é feita clicando no botão “Controls” na aba cooling equipment, onde surge a janela mostrada na Fig. 3.21. Na zona demarcada a vermelho é onde se indica o equipamento para onde o calor é “rejeitado”.

- Aba “Heating Equipment”:

The screenshot shows the 'Create Plants' window with the 'Heating Equipment' tab selected. The window is titled 'Create Plants' and has a standard Windows-style title bar. Inside, there's a section for 'Alternative 1' with several dropdown menus and input fields. The 'Heating plant' is set to 'Chiller - BC', 'Equipment tag' to 'Boiler - 002', 'Equipment category' to 'Boiler', and 'Equipment type' to 'Default Boiler'. There are buttons for 'Apply', 'Close', 'New Equip', 'Copy Equip', and 'Delete Equip' on the right side. Below these, there are fields for 'Capacity' (0 kW) and 'Energy rate' (83.3 Percent efficient). A 'Thermal storage' section includes 'Type' (None), 'Capacity' (0 ton-hr), and 'Schedule' (Storage). A 'Hot water pump' section includes 'Type' (Water circulating pump) and 'Full load consumption' (1.85 kW). An 'Equipment schedule' is set to 'Available (100%)' and 'Demand limiting priority' is empty. At the bottom, there are four tabs: 'Configuration', 'Cooling Equipment', 'Heating Equipment' (which is highlighted), and 'Base Utility / Misc. Accessory'.

**Figura 3.22 - Create plants, aba "Heating Equipment"**

Nesta aba define-se a parte dos equipamentos correspondente à produção de calor, na Fig. 3.22 mostra-se o equipamento associado ao chiller-bomba de calor. Define-se apenas a potência da bomba de circulação de água, 1,85kW uma vez que a parte de produção de calor já foi definida na aba “Cooling Equipment”.

Embora só se mostre o processo de definição para o chiller-bomba de calor, o processo é análogo para o sistema de VRV.

- Aba “Base Utility/Misc. Accessory”:

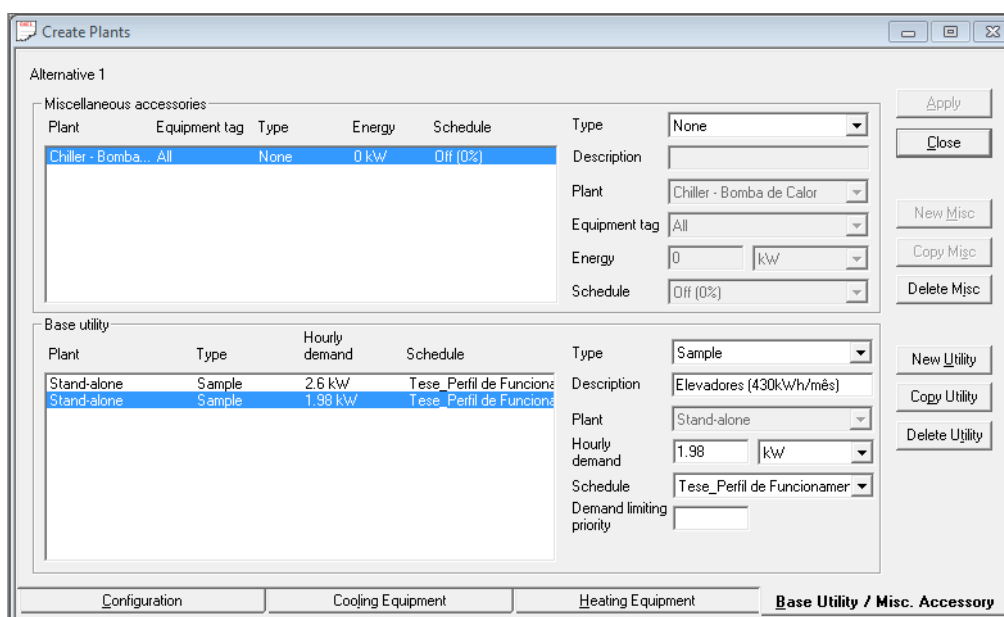


Figura 3.23 - Create plants, aba "Base Utility/Misc. Utility"

Nesta aba (Fig. 3.23) define-se equipamentos ou centrais que tenham usos significativos de energia no edifício e que não possam ser enquadrados de outra forma no programa.

No caso do edifício em estudo temos os ventiladores de insuflação de ar e os elevadores.

Os ventiladores mencionados são os ventiladores de insuflação não relacionados com o sistema de climatização, do capítulo 2 sabe-se que a soma das potências destes ventiladores é de 2,6kW.

Dado que os consumos dos elevadores foram estimados em 5160 kWh/ano, foi necessário proceder-se à conversão para kW. Sabendo que na realidade o edifício funciona 10h por dia e que não funciona no fim-de-semana, então o número de dias de funcionamento poderá ser aproximado a 261<sup>(14)</sup> dias por ano. Assim sendo, e para simulação real:

$$\frac{5160 \text{ kWh/ano}}{10h \times 261 \text{ dias}} \cong 1,98 \text{ kW}$$

Para a simulação nominal apenas muda o número de horas de funcionamento que são cerca de 14 horas (obtidas consultando o perfil de ocupação para escritórios do RSECE, p.2457), então para simulação nominal:

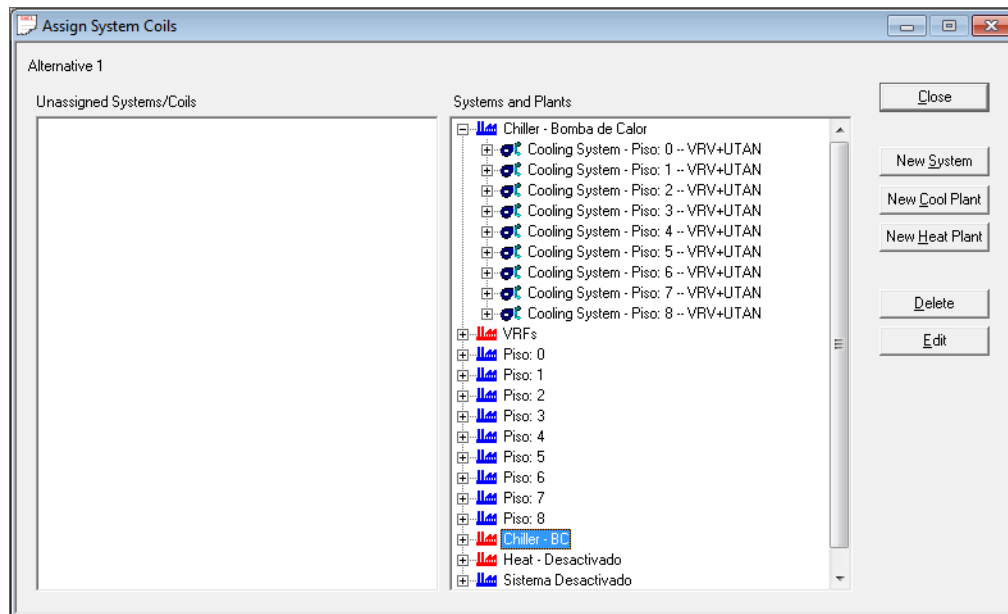
$$\frac{5160 \text{ kWh/ano}}{14h \times 261 \text{ dias}} \cong 1,41 \text{ kW}$$

Nota: os perfis de funcionamento usados no programa para reger o funcionamento dos elevadores prevêem o funcionamento a 100% dos elevadores durante as horas de funcionamento, caso contrário a conversão da estimativa falha.

<sup>14</sup> Um ano comum: 365 dias, Número de dias de fim-de-semana num ano  $52 \times 2 = 104$ , Número aproximado de dias úteis:  $365 - 104 = 261$  dias (Não se considerou os feriados)

### ***Assign Systems to Plants:***

Depois de criados e caracterizados no programa todos os equipamentos para produção de frio ou calor são, nesta parte do programa, associados aos sistemas AVAC que vão servir. Na Fig. 3.24 mostra-se a janela associada ao botão “Assign Systems to Plants”



**Figura 3.24 - Assign System to Plants**

### ***Define Economics:***

Esta funcionalidade do programa não foi utilizada para este trabalho. No entanto e a título de curiosidade, esta funcionalidade permite efectuar análises, de modo automático, sobre o custo e o ciclo de vida do projecto.

### Calculate and View Results:

Após se ter concluído todas as etapas que levam à criação do modelo do edifício no software TRACE700, é nesta parte do programa que se sujeita o modelo que criamos a simulações. Na Fig. 3.25 mostra-se a janela principal associada ao botão “Calculate and View Results”.

No caso deste trabalho, as simulações levaram, em média, 12 minutos para ficarem concluídas (Em ambiente Windows 7 com processador INTEL Core2Duo T6400) sendo que a base de dados climática utilizada é referente ao ano 2009.

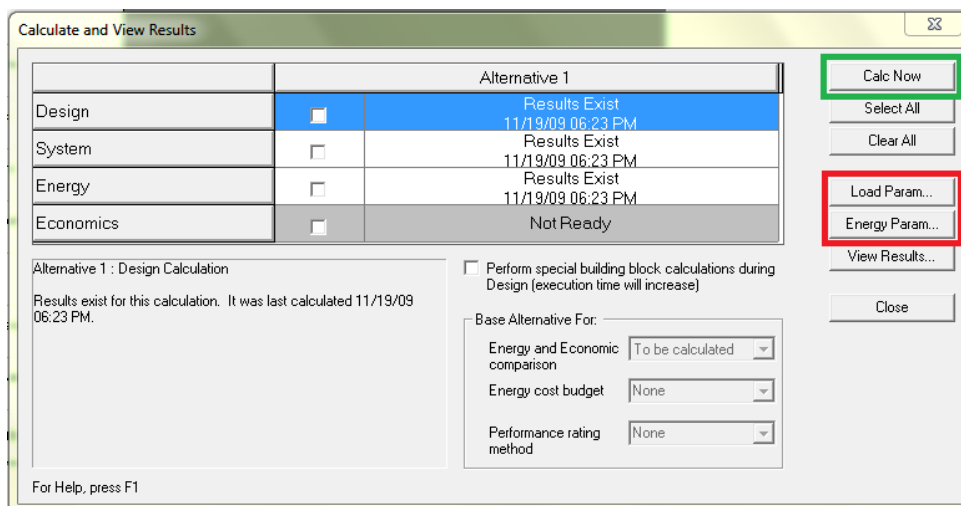


Figura 3.25 - Janela "Calculate and View Results"

Antes de efectuar a simulação é necessário definir certos parâmetros nomeadamente os parâmetros de energia e de carga, demarcados a vermelho na Fig. 3.25.

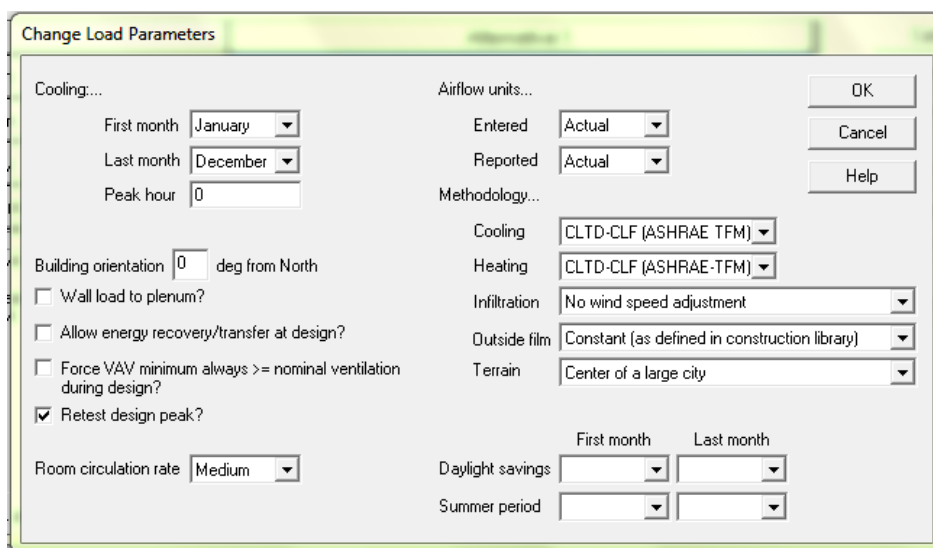


Figura 3.26 - Parâmetros de carga térmicas

Na Fig. 3.26 encontra-se a janela que surge ao clicar-se no botão “Load Param...” representado na Fig. 3.25. Nesta janela define-se parâmetros que afectam o cálculo das cargas térmicas. Todas as definições presentes afectam todos os espaços, zonas e sistemas no modelo. As definições utilizadas no programa são as que aparecem mostradas na Fig. 3.26.

A escolha do método do cálculo das cargas térmicas de aquecimento e de arrefecimento (CLTD-CLF) foi devido ao facto do programa utilizar um método mais exacto, chamado “Transfer Function Method” - TFM - (Método das funções de transferência), para caracterizar os CLTD-CLF (Cooling-load temperature difference-Cooling load factors) menorizando as limitações presentes no método original para cálculo dos CLTD-CLF, em que era necessário recorrer a tabelas e por vezes podia não haver informação sobre as soluções construtivas adoptadas. O método TFM usa funções de transferência próprias para os ganhos térmicos através de paredes (que aplica a todas as paredes do modelo), e os coeficientes das funções de transferência das cargas térmicas dos espaços calculadas com base na inércia térmica do espaço. (Informação obtida recorrendo ao “Help” do programa TRACE700).

Figura 3.27 - Parâmetros energéticos

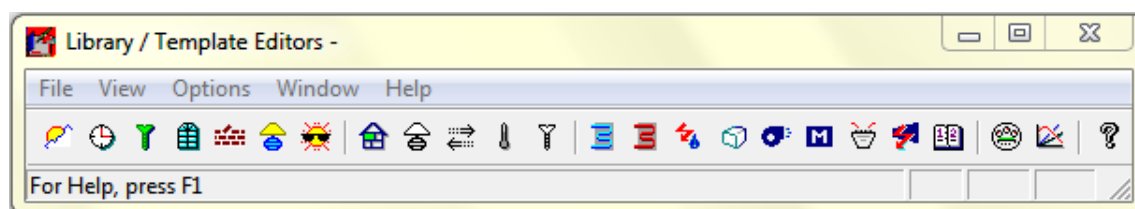
Na Fig. 3.27 encontra-se a janela que surge ao clicarmos no botão “Energy Param...” representado na Fig 3.25. Nesta parte define-se a duração da simulação, para este trabalho é uma simulação anual (Full year), e o calendário anual adequado às necessidades de Portugal. Os valores apresentados em “Resource Utilization Factors” foram deixados nos seus valores por defeito.

Figura 3.28 - Janela "View Results"

Na Fig. 3.28 encontra-se a janela que surge depois de o programa efectuar todos os cálculos e simulações, para chegar a esta janela é necessário clicar no botão “Calc Now” demarcado a verde na Fig. 3.25.

Nesta janela podemos consultar os mais variadíssimos aspectos relacionados com os resultados da simulação, por exemplo: Consumos energéticos, cargas térmicas e etc.

### ***Library/Template editors:***



**Figura 3.29 - Janela "Library / Template Editors"**

Na Fig. 3.29 mostra-se a janela associada ao botão “Library/Template Editors”. Nesta parte do programa pode-se criar/modificar/eliminar elementos nas várias bibliotecas do programa (Bibliotecas de: Perfis de utilização, climas, materiais de construção, vidros, paredes, ventilação, sombreamentos, equipamentos e etc...). Nas Figuras 3.30 a 3.34 mostram-se algumas janelas onde se pode criar/modificar/eliminar/importar os elementos anteriormente mencionados.

	QADB C	QAWB C	Clearness	Ground reflect	Wind velocity m/s
Summer	30.55556	21.66667	1	0.2	3.3528
Winter	3.33333		1	0.2	6.7056

**Figura 3.30 - Biblioteca de climas**

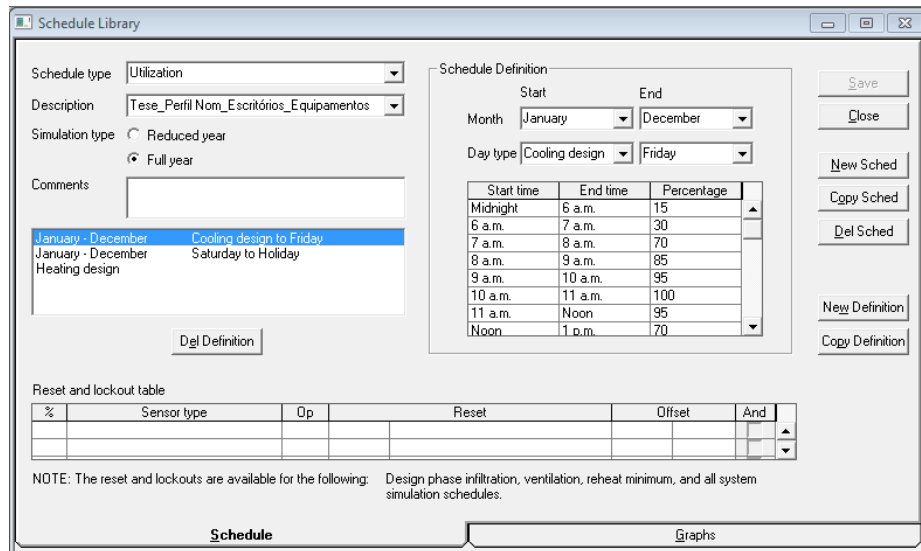


Figura 3.31 - Biblioteca dos perfis de utilização

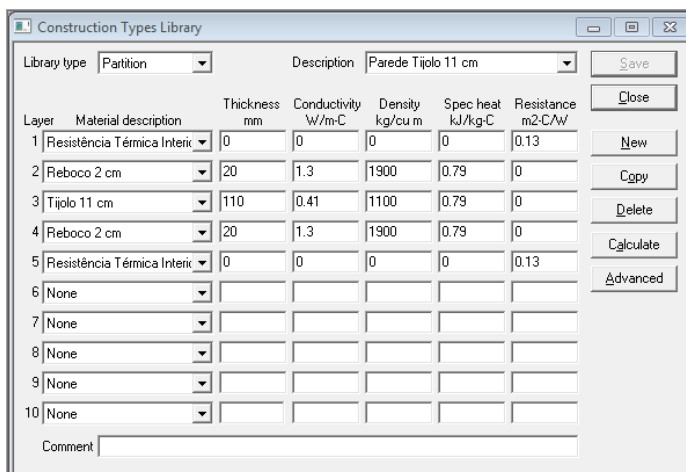


Figura 3.32 - Biblioteca Elementos construtivos opacos (P. ex.: Paredes)

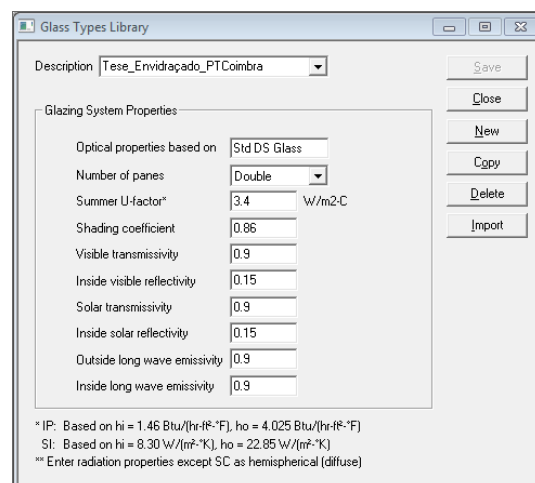


Figura 3.33 - Biblioteca para vidros

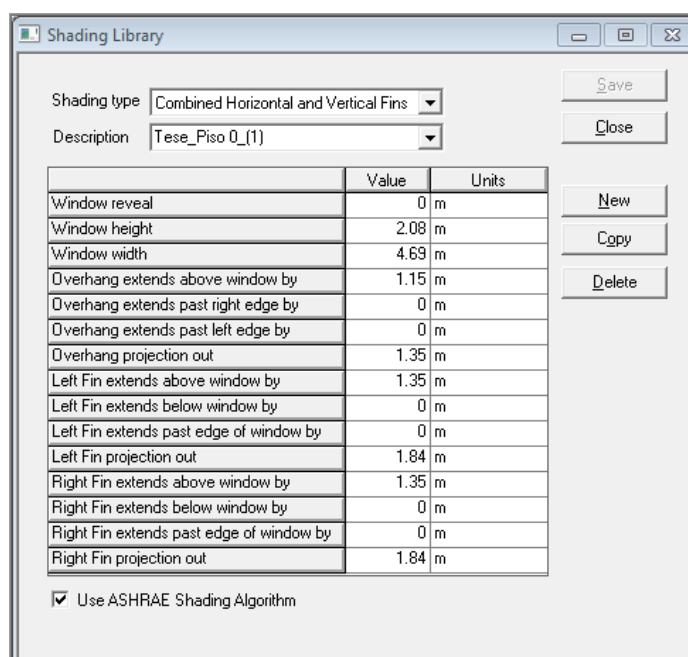


Figura 3.34 - Biblioteca de sombreamentos



# Capítulo 4

## *Simulações*

Simulação dinâmica detalhada real

Simulação dinâmica detalhada nominal



## 4. Simulações

### Resumo do capítulo

Este capítulo divide-se em dois subcapítulos: O subcapítulo 4.1 – Que trata da simulação dinâmica detalhada real, assim chamado porque, efectivamente, a simulação é realizada com base em perfis/informações reais de utilização e funcionamento, com interesse para calibrar o modelo-base de simulação; O subcapítulo 4.2 – Trata da simulação dinâmica detalhada nominal em que, depois de calibrado o modelo-base simulação no ponto 4.1, se substitui os perfis/informações de utilização e funcionamento reais por valores/perfis padrão estipulados no RSECE, com vista a calcular-se o IEE e determinar-se a respectiva classe energética.

### 4.1 Simulação dinâmica real

#### 4.1.1 Perfis de utilização real

Na simulação dinâmica real vamos ter quatro perfis. Perfis de ocupação, iluminação, equipamentos de escritório e, por fim, perfis de funcionamento dos equipamentos AVAC.

O horário de funcionamento deste edifício é de segunda a sexta, das 9h às 19h. Por falta de melhor informação, considerou-se que os perfis reais para este edifício assumem a seguinte forma (Fig. 4.1):

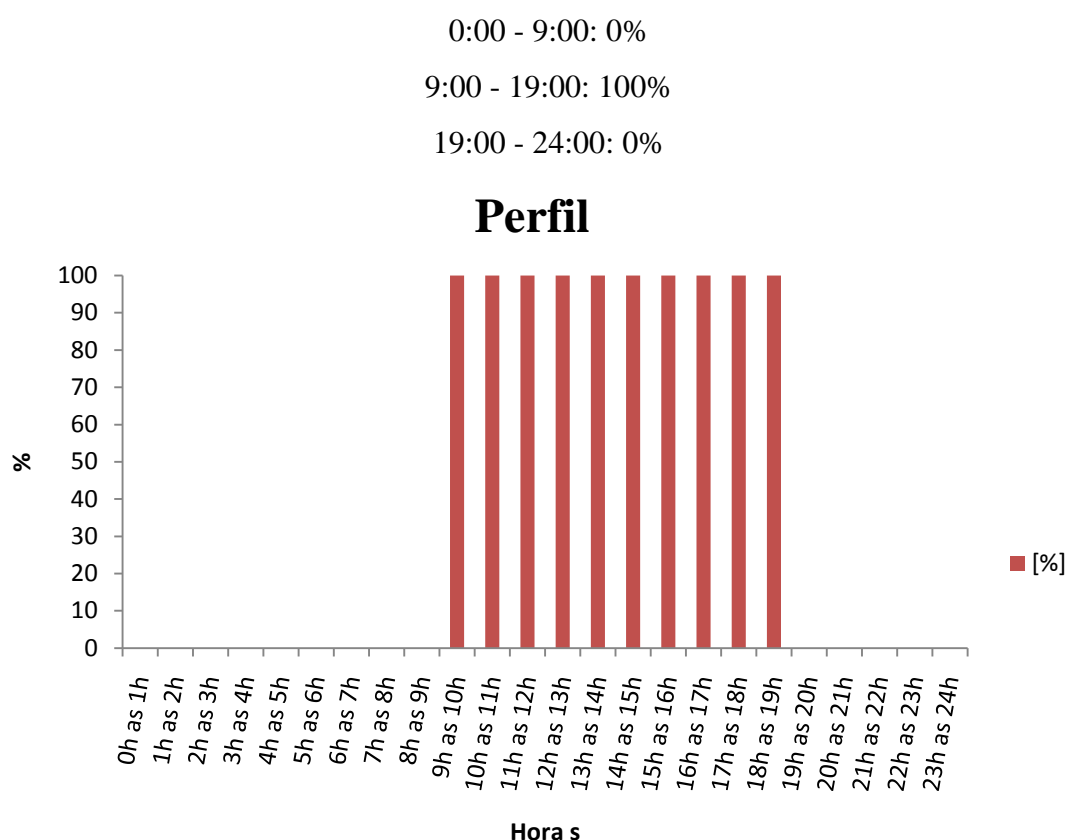


Figura 4.1 - Perfil considerado

Dado que o período de funcionamento dos equipamentos AVAC deste edifício é fixo (9h as 19h) o perfil adoptado é exacto. No caso da ocupação, iluminação e equipamentos de escritório o perfil adoptado pode ser considerado como conservador. Conservador porque assume que durante o período de funcionamento do edifício tem-se sempre 100% de ganhos internos relacionados com ocupação, iluminação e equipamentos de escritórios, o que não é bem verdade dado que existem alturas, no período de funcionamento do edifício, onde estes ganhos internos poderão ser menores, por exemplo: de manhã, na hora de abertura, na hora de almoço e na hora de fecho. Ou seja foi adoptado o caso pior.

Em relação a iluminação exterior, presente neste edifício (lâmpadas existentes no exterior do edifício, em contacto com meio ambiente), o perfil de funcionamento que caracteriza esta iluminação é o que se segue:

0:00 - 9:00: 100%

9:00 - 19:00: 0%

19:00 - 24:00: 100%

Para efeitos de contabilização dos consumos eléctricos associados aos elevadores, considerou-se que o perfil que caracteriza estes consumos é igual ao adoptado para os equipamentos AVAC, não esquecendo as considerações mencionadas no capítulo 3 (página 75 deste relatório).

#### 4.1.2 Resultados

Após criação do modelo de simulação no software de simulação detalhada, TRACE700, fazendo uso da informação exposta nos capítulos 2, 3 e 4.1.1, simulou-se o modelo. Estando os resultados, obtidos pelo programa, no anexo A (Figuras A.1 e A.2) do presente relatório. No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se o modelo de simulação e as fichas com os consumos detalhados.

##### 4.1.2.1 Desagregação dos consumos energéticos por utilização final

A obtenção dos consumos energéticos, desagregados por utilização final, foi feita recorrendo à simulação dinâmica.

Os consumos energéticos distribuem-se do seguinte modo:

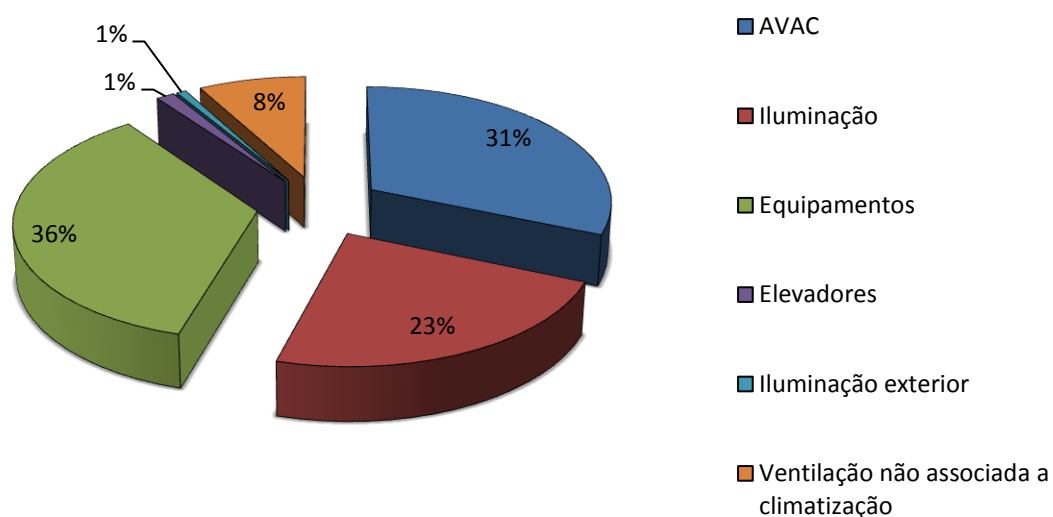
- Aquecimento;
- Arrefecimento;
- Ventilação associada à climatização;
- Iluminação;
- Equipamentos;
- Elevadores;
- Iluminação exterior;
- Bomba para circulação de água (Chiller/Bomba de Calor);
- Ventilação não associada à climatização.

Na Tabela 4.1 quantifica-se estes consumos, bem como o consumo total:

**Tabela 4.1 - Consumos obtidos por simulação dinâmica**

<b>Energia eléctrica consumida em:</b>	<b>Consumos [kWh/ano]</b>
Aquecimento	32576
Arrefecimento	62226
Ventilação associada à climatização	20683
Iluminação	84902
Equipamentos	131180
Bomba de água	186
Elevadores	5009
Iluminação exterior	2656
Ventilação não associada à climatização	29427
<b>Total</b>	<b>368845</b>

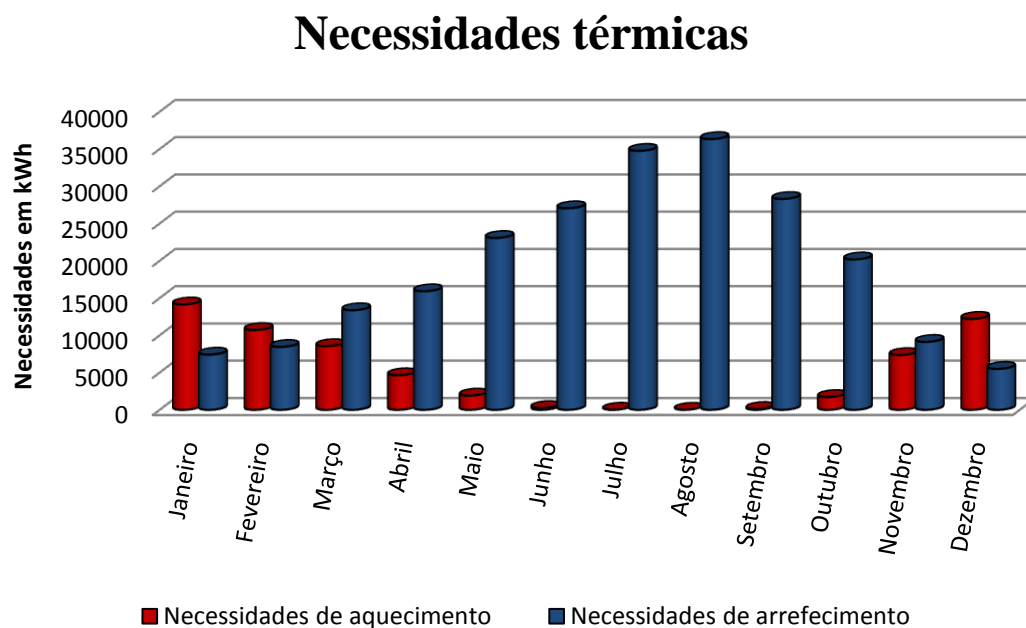
## Desagregação dos consumos de energia



**Figura 4.2 - Desagregação dos consumos de energia**

Do gráfico apresentado na Fig. 4.2 pode-se ter uma ideia dos grandes consumidores de energia eléctrica no edifício em estudo. Destacando-se os consumos dos equipamentos de escritório (Computadores, multifunções, impressoras, fax, telefones, etc. – 36%), os consumos dos sistemas AVAC (Aquecimento, arrefecimento, ventiladores associados à climatização, bomba de água circuladora e etc. – 31%) e, por fim, os consumos eléctricos relacionados com a iluminação interior do edifício (23%).

Os consumos relacionados com os elevadores e iluminação exterior são marginais (1%), em relação à ventilação não associada à climatização (ventiladores associados aos espaços não climatizados – tanto insuflação como extracção, ou relacionados com a extracção das casas de banho e etc.), está tem um peso de 8% no consumo total eléctrico.



**Figura 4.3 - Necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento**

Do gráfico da Fig. 4.3 se pode ver como varia as necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento no edifício ao longo do ano. Consta-se que as necessidades de arrefecimento são claramente superiores às necessidades de aquecimento (Necessidades de aquecimento = 61609kWh/ano (21,2%), Necessidades de arrefecimento = 229376kWh/ano (78,8%) – Valores expostos no anexo A, Fig. A.2). Todos os meses, sem excepção, necessitam de produção de frio.

Uma justificação prende-se com o facto de, como já visto anteriormente, tanto os equipamentos de escritório como a iluminação interna deterem um grande peso nos consumos de energia eléctrica, tornando-os os grandes contribuidores para as cargas internas do edifício (Juntos correspondem a 59% do consumo total de energia eléctrica do edifício). Do que eles consomem, em termos eléctricos, uma grande parte é dissipada sobre a forma de calor. Na estação de aquecimento pode ser benéfico, pois, não será necessário aos sistemas AVAC consumir muita energia eléctrica para aquecer os espaços (pode até ser necessário arrefecer) mas, na estação de arrefecimento, os sistemas AVAC vão ter que consumir muito mais energia para climatizar os espaços o que está bem explícito no gráfico da Fig. 4.3.

#### 4.1.2.2 Calibração do modelo de simulação

Para que o modelo de simulação, usando todos os elementos condizentes com as condições reais de funcionamento (iluminação, equipamentos, ocupação, AVAC, etc...), seja considerado como calibrado, é necessário que o consumo total de energia obtido por simulação dinâmica no TRACE700 não divirja em mais de 10% do que foi registado na factura energética. (E.15; Perguntas e respostas RSECE – Energia de Novembro de 2008; ADENE)

A factura de energia eléctrica para o edifício em estudo, obtida em auditoria, do ano transacto foi de *394596kWh/ano*.

Com esta informação e outras informações expostas em 4.1.2.1, torna-se então possível verificar se a simulação não diverge em mais de 10% da facturação, então:

$$\left(1 - \frac{368845}{394596}\right) \times 100 \cong 6,52\%$$

Conclui-se que o erro obtido, em relação ao real facturado, é de cerca de 6,52%. Deste modo considera-se que o modelo de simulação se encontra calibrado.

Com o modelo calibrado passa-se então para a simulação nominal.

## 4.2 Simulação dinâmica nominal

### 4.2.1 Indicador de eficiência energética – IEE

A simulação nominal dinâmica serve essencialmente para determinar o indicador de eficiência energética – IEE. O IEE não é mais que um valor que nos indica o consumo energético por m<sup>2</sup> num dado espaço, sendo também designado por consumo nominal específico. (E.1; Manual “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE)

O IEE é calculado com base nos consumos de energia do edifício para um período de tempo correspondente a um ano. Estes consumos são então convertidos, por meio de factores de conversão, para uma base de energia primária (kgep/m<sup>2</sup>.ano). Os factores de conversão, aquando da realização deste trabalho, assumem os seguintes valores<sup>15</sup>:

- Electricidade: 0,290 kgep/kWh;
- Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos: 0,086 kgep/kWh.

Em relação aos consumos energéticos por ano, estes, como já enunciado anteriormente, são obtidos por simulação dinâmica detalhada, após calibração do modelo de simulação real (Visto no Capítulo 4.1), substituindo no modelo mencionado os perfis reais (ocupação, iluminação e equipamentos) pelos perfis e dados de referência (Nominais) em concordância com o anexo XV do RSECE. (E.15; Manual “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE)

No edifício em estudo existe mais que um tipo de tipologia, isto é, tem-se: Escritórios, uma pequena loja (piso 0) e o armazém (piso -1). Assim sendo o valor limite do IEE, para o edifício em estudo, é calculado numa base proporcional aos limites de cada tipologia em função da área útil respectiva (N.º4 do artigo 31.º do Decreto-Lei n.º 79/2006 “RSECE”). Também, por este motivo, ter-se-á que realizar simulações dinâmicas detalhadas nominais em separado para cada uma das tipologias envolvidas, usando os dados e perfis nominais específicos de cada uma delas.

A metodologia para a determinação do IEE está publicada no anexo IX do RSECE.

Segundo essa metodologia, o IEE é obtido por:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{OUT}}{A_p}$$

em que:

- IEE - Indicador de eficiência energética (kgep/m<sup>2</sup>.ano);
- IEE<sub>I</sub> - Indicador de eficiência energética de aquecimento (kgep/m<sup>2</sup>.ano);
- IEE<sub>V</sub> - Indicador de eficiência energética de arrefecimento (kgep/m<sup>2</sup>.ano);
- Q<sub>OUT</sub> - Consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);
- A<sub>P</sub> - Área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

---

<sup>15</sup> Anexo IX; Decreto-Lei n.º 79/2006 “RSECE”; pp. 2439-2440



Com:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI} \text{ e } IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV}$$

em que:

- $Q_{aq}$  - Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);
- $Q_{arr}$  - Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);
- $F_{CI}$  - Factor de correcção do consumo de energia de aquecimento;
- $F_{CV}$  - Factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento.

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento, toma-se como região climática de referência uma região I1-V1 norte com 1000 graus-dia de aquecimento e 160 dias de duração de estação de aquecimento. Deste modo:

*Correcção da energia de aquecimento:*

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}}$$

em que:

- $N_{I1}$  - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1 (kWh/m<sup>2</sup>.ano);
- $N_{Ii}$  - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício (kWh/m<sup>2</sup>.ano).

*Correcção da energia de arrefecimento:*

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}}$$

em que:

- $N_{V1}$  - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1-V1 (kWh/m<sup>2</sup>.ano);
- $N_{Vi}$  - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício (kWh/m<sup>2</sup>.ano).

Estes factores de correcção levam em consideração as diferenças de necessidades de aquecimento e arrefecimento devido à severidade do clima, corrigidas pelo grau de exigência na qualidade da envolvente associada a cada zona climática, independentemente de o edifício não estar sujeito às exigências do RCCTE.

Após o atrás exposto, nos subcapítulos seguintes são apresentados todos os dados (calculados/considerados) de modo a obter o IEE para o edifício em estudo e, por fim, é calculado o IEE (Nominal).

#### 4.2.1.1 Dados nominais

Neste subcapítulo serão apresentados os dados e considerações tomadas para a obtenção, por intermédio do software TRACE700, das simulações dinâmicas detalhadas nominais para as tipologias correspondentes aos escritórios e à pequena loja. O armazém, por ser considerado um espaço complementar (anexo XI; Decreto-Lei n.º 79/2006; p.2441), será tratado directamente no subcapítulo da determinação do  $IEE_{NOM}$ , mais à frente.

##### *Perfis de iluminação, ocupação e equipamento nominais:*

Estes perfis ou padrões de referência encontram-se publicados no RSECE (anexo XV; Decreto-Lei n.º 79/2006). Sendo que os perfis para a tipologia “Pequenas Lojas” se encontram nas páginas de 2447 a 2448 do RSECE e os perfis para a tipologia “Escritórios” encontram-se nas páginas de 2457 a 2458. As Figuras 4.4 a 4.9 mostram os perfis tal como estão definidos na legislação para as duas tipologias, “Pequenas lojas” e “Escritórios”.

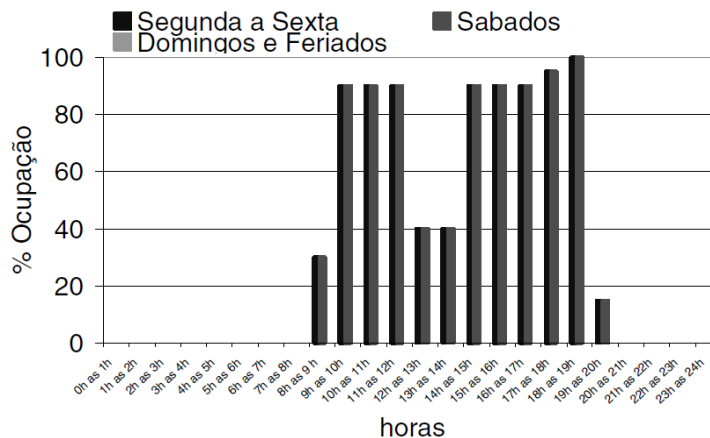


Figura 4.4 – Perfil ocupação para “Pequenas Lojas”, RSECE

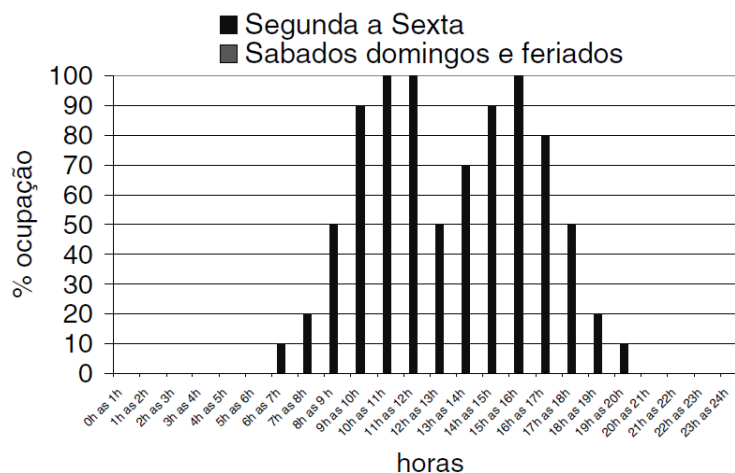


Figura 4.5 – Perfil ocupação para "Escritórios", RSECE

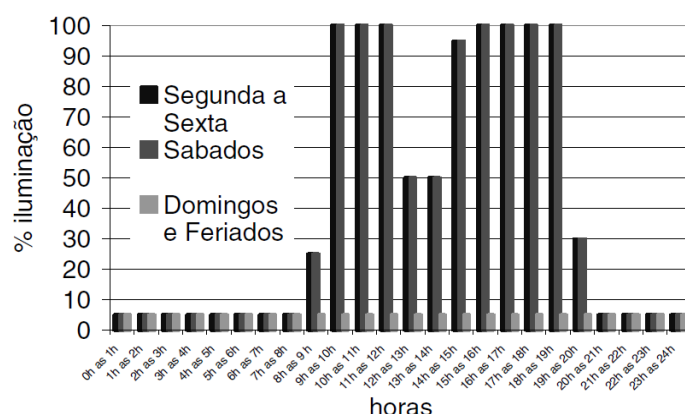


Figura 4.6 - Perfil iluminação para "Pequenas Lojas", RSECE

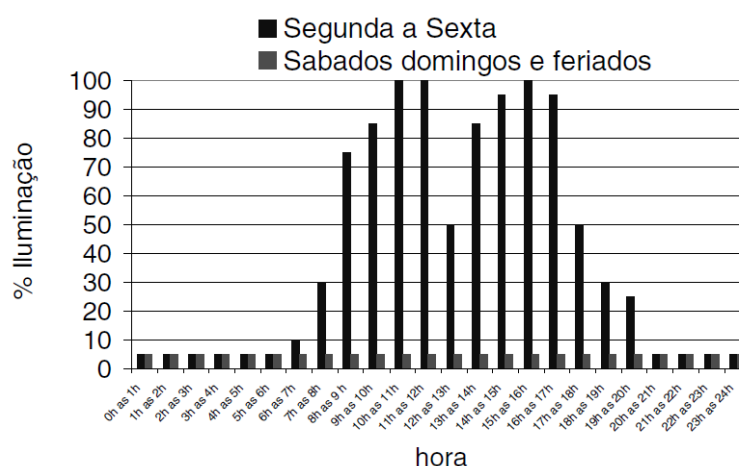


Figura 4.7 - Perfil iluminação para "Escritórios", RSECE

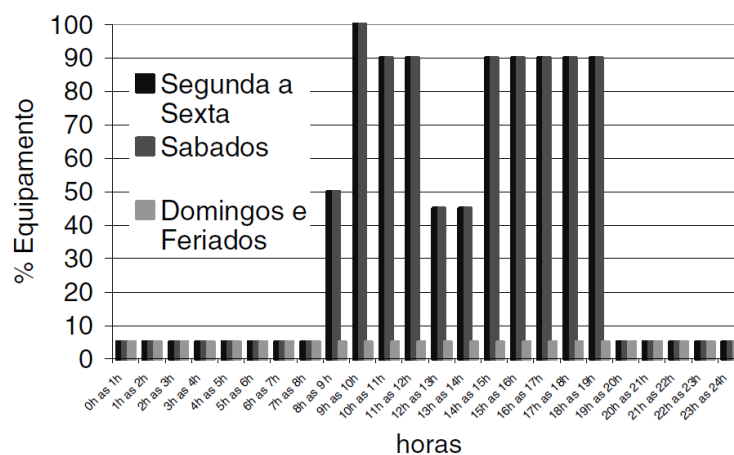


Figura 4.8 - Perfil equipamento para "Pequenas Lojas", RSECE

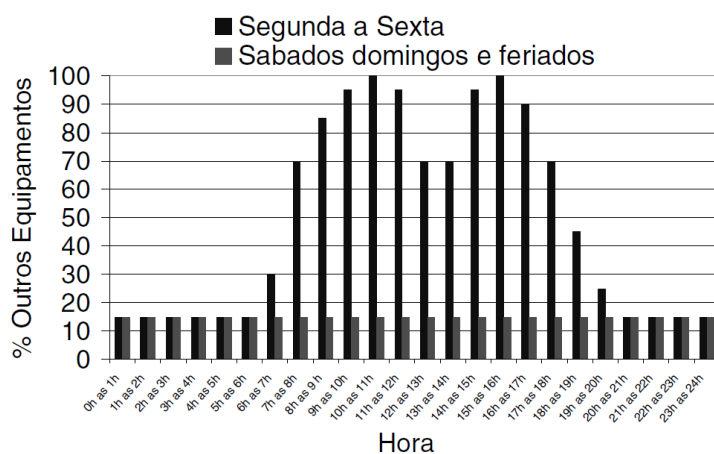


Figura 4.9 – Perfil equipamento para “Escritórios”, RSECE

Para os equipamentos AVAC, os perfis de funcionamento correspondem ao período de ocupação (nominal) do edifício (E.6; Manual “Perguntas e Respostas do RSECE-Energia de Novembro de 2008; ADENE). Pelas Figuras 4.4 e 4.5, no modelo de simulação detalhada nominal, para estes equipamentos, define-se os seguintes perfis:

- Pequena Loja:

0h – 8h: 0%

8h – 20h: 100%

20h – 24h: 0%

- Escritórios:

0h – 6h: 0%

6h – 20h: 100%

20h – 24h: 0%

Uma nota prende-se com o perfil de funcionamento dos elevadores na tipologia escritórios é, à semelhança dos equipamentos AVAC, o correspondente ao período de ocupação, como já visto anteriormente, no capítulo 3 - página 75 deste relatório.

#### ***Densidades de iluminação, ocupação e equipamento nominais:***

Na Tabela 4.2, de acordo com a legislação – RSECE, estão expostos os valores das densidades nominais para as duas tipologias. É de notar que a densidade de iluminação é a que, efectivamente, se encontra instalada no edifício (a mesma usada na simulação dinâmica detalhada real, refere-se à potencia de iluminação instalada nos vários espaços).

**Tabela 4.2 – Densidades**

<b>Tipologia</b>	<b>Densidades</b>	
	<b>Ocupação [m<sup>2</sup>/Ocupante]</b>	<b>Equipamento [W/m<sup>2</sup>]</b>
Pequena Loja	5	5
Escritórios	15	15

**Caudais de ar nominais (Ou caudais mínimos de ar novo):**

Estes caudais encontram-se publicados na legislação (anexo VI; Decreto-Lei n.º 79/2006; p.2438) e assumem os valores expostos na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3 - Caudais nominais de ar**

Tipologia	Tipo de actividade	Caudal [m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> (l/s.m <sup>2</sup> )]
Pequena Loja	Lojas de comércio	5 (1,39)
Escritórios (Ver <i>Nota</i> )	Gabinetes	5 (1,39)

**Nota:** Na legislação existe duas possibilidades para caudal nominal (ver Fig. 4.10). Para determinar qual deles se adequa ao caso em estudo calcula-se o maior caudal, isto é, para uma ocupação média (25 pessoas – ocupação média dos 8 escritórios/openspace) e para uma área média (216 m<sup>2</sup> – área média dos 8 escritórios/openspace) determinou-se qual requisitava o maior caudal, se a ocupação ou a área (pior situação – maior caudal requerido). Então:

- Pela ocupação:

$$25 \text{ ocupantes} \times 35 \text{ m}^3/\text{h.Ocupante} = 875 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Pela área média:

$$216 \text{ m}^2 \times 5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2 = 1080 \text{ m}^3/\text{h}$$

Conclui-se que a pior situação verifica-se quando o factor determinante é a área média, logo o caudal nominal escolhido é de 5 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>.

Serviços .....	Gabinetes .....	35	5
	Salas de conferências .....	35	20
	Salas de assembleia .....	30	20
	Salas de desenho .....	30	
	Consultórios médicos .....	35	
	Salas de recepção .....	30	15
	Salas de computador .....	30	
	Elevadores .....		15

**Figura 4.10 – Caudais nominais, dupla possibilidade, RSECE**

Torna-se ainda necessário corrigir os caudais nominais devido à eficiência de ventilação e à presença de materiais não ecologicamente limpos (MNEL), ou seja, incrementar os caudais em 50% devido aos MNEL e considerar uma eficiência de ventilação de 80%. Na Tabela 4.4 expõem-se os caudais corrigidos (E.6; Manual “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE).

**Tabela 4.4 – Caudais nominais corrigidos**

Tipologia	Caudal corrigido <sup>16</sup> [l/s.m <sup>2</sup> ]
Pequena Loja	2,61
Escritório	2,61

Acima estão definidos todos os parâmetros necessários para efectuar as simulações dinâmicas detalhadas nominais, necessárias ao cálculo do IEE<sub>NOM</sub>. Com a excepção destes parâmetros todos os restantes, definidos na simulação dinâmica detalhada real, mantém-se.

<sup>16</sup> Obtido da seguinte forma: [(Caudal Nominal)\*1,5]/0,8

#### 4.2.1.2 Resultados obtidos nas simulações dinâmicas detalhadas nominais

Nas Tabelas 4.5 e 4.6 expõem-se os consumos eléctricos obtidos nas simulações nominais para cada uma das tipologias (Pequena loja e escritórios). No anexo A (Figuras A.3 e A.4) junta-se as fichas com os consumos emitidas pelo software de simulação, TRACE700. No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se o modelo de simulação e as fichas com os consumos detalhados.

**Tabela 4.5 – Consumos nominais para a pequena loja**

<b>Energia eléctrica consumida pela pequena loja em:</b>	<b>Consumos [kWh/ano]</b>
Aquecimento	7078
Arrefecimento	1966
Ventilação associada à climatização	2243
Iluminação	3644
Equipamentos	1467
Bomba de água	169
<b>Total</b>	<b>16567</b>

**Tabela 4.6 – Consumos nominais para os escritórios**

<b>Energia eléctrica consumida pelos escritórios em:</b>	<b>Consumos [kWh/ano]</b>
Aquecimento	50744
Arrefecimento	44954
Ventilação associada à climatização	24337
Iluminação	80249
Equipamentos	97892
Bomba de água	316
Elevadores	4994
Iluminação exterior <sup>17</sup>	-
Ventilação não associada à climatização	23369
<b>Total</b>	<b>326855</b>

Consumos anuais de energia eléctrica para a iluminação exterior:

$$0,750\text{kW} \times 5400\text{h/ano} = 4050\text{kWh/ano}$$

<sup>17</sup> A iluminação exterior não foi considerada na simulação nominal. Foi considerada à parte e entra directamente para o  $Q_{OUT}$  aquando da determinação do IEE para os escritórios. Assim é, devido à legislação estabelecer um número de horas de funcionamento para este equipamento, correspondente a 5400h por ano (Iluminação exterior; Tabela - Perfis constantes; DL79/2006; p.2457).

Para o cálculo do  $IEE_{NOM}$  é necessário condensar os valores encontrados nas Tabelas 4.5 e 4.6 em três tipos de consumos eléctricos. O consumo de energia de aquecimento ( $Q_{AQ}$ ), o consumo de energia de arrefecimento ( $Q_{ARR}$ ) e, por fim, o consumo não ligado ao processos de aquecimento e arrefecimento ( $Q_{OUT}$ ).

No software de simulação detalhada, TRACE700, não é possível obter a desagregação dos consumos dos ventiladores e bombas por aquecimento e arrefecimento. Assim sendo, para desagregar os consumos correspondentes a estes equipamentos, foi efectuada uma repartição proporcional às necessidades de aquecimento e arrefecimento encontradas nas simulações nominais para cada tipologia (E.26; Manual “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE).

**Tabela 4.7 – Necessidades de aquecimento e arrefecimento**

<b>Tipologia</b>	<b>Necessidades</b>	
	<b>[kWh/ano]</b>	
	<b>Aquecimento (%)</b>	<b>Arrefecimento (%)</b>
Pequena loja	7078 (78,3)	1966 (21,7)
Escritórios	50744 (53,0)	44954 (47,0)

Da Tabela 4.7 sabe-se que as necessidades de aquecimento para a pequena loja e escritórios são respectivamente 78,3% e 53% do total das necessidades, enquanto as necessidades de arrefecimento são, respectivamente, 21,7% e 47%. Das tabelas 4.5 e 4.6 sabe-se os consumos das bombas e ventiladores associados ao aquecimento e arrefecimento. Com estes dados, na Tabela 4.8 expõem-se os consumos desagregados.

**Tabela 4.8 – Desagregação por aquecimento e arrefecimento das bombas e ventiladores**

<b>Tipologia</b>	<b>Desagregação dos consumos das bombas e ventiladores</b>	
	<b>[kWh/ano]</b>	
	<b>Aquecimento</b>	<b>Arrefecimento</b>
Pequena loja	$2412 \times 0,783 \approx 1889$	$2412 \times 0,217 \approx 523$
Escritórios	$24653 \times 0,53 \approx 13066$	$24653 \times 0,47 \approx 11587$

Com os consumos completamente desagregados resta apenas separar por  $Q_{AQ}$ ,  $Q_{ARR}$  e  $Q_{OUT}$ . Na Tab. 4.9 encontram-se os consumos devidamente repartidos por tipologia.

**Tabela 4.9 -  $Q_{AQ}$ ,  $Q_{ARR}$  e  $Q_{OUT}$**

<b>Tipologia</b>	<b><math>Q_{AQ}</math> [kWh/ano]</b>	<b><math>Q_{ARR}</math> [kWh/ano]</b>	<b><math>Q_{OUT}</math> [kWh/ano]</b>
Pequena loja	8967	2489	5111
Escritórios	63810	56541	210554

Por fim, devido à existência de pontes térmicas lineares, torna-se necessário majorar o consumo de energia de aquecimento em 5%, como visto anteriormente no subcapítulo 2.2.2.7. Na Tabela 4.10 apresenta-se os valores  $Q_{AQ}$  corrigidos para as tipologias em causa.

**Tabela 4.10 –  $Q_{AQ}$  corrigido**

<b>Tipologias</b>	<b><math>Q_{AQ}</math> [kWh/ano]</b>
Pequena loja	9415
Escritórios	67000

#### 4.2.1.3 Determinação das necessidades máximas de aquecimento e arrefecimento

O principal objectivo da determinação destas necessidades é o da obtenção dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e arrefecimento ( $F_{CI}$  e  $F_{CV}$ ).

##### *Necessidades máximas de arrefecimento, $N_V$ :*

Na Tabela 4.11 estão expostos os valores máximos, de acordo com o RCCTE<sup>18</sup>, para as necessidades de arrefecimento, tanto para a região climática de referência I1-V1 como para a região climática onde se encontra situado o edifício em estudo: I1-V2N.

**Tabela 4.11 – Necessidades máximas de arrefecimento**

Região climática de referência – $N_{V1}$	16 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Região climática onde está o edifício – $N_{Vi}$	18 kWh/m <sup>2</sup> .ano

Com os dados da Tabela 4.11 torna-se possível calcular o factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento:

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16}{18} \cong 0,889$$

O valor obtido para  $F_{CV}$  é válido tanto para a tipologia pequena loja como para os escritórios.

<sup>18</sup> N.º 2 do Artigo 15º Decreto-Lei 80/2006 - RCCTE



### ***Necessidades máximas de aquecimento, $N_I$ :***

Para o cálculo do factor de correcção do consumo de energia de aquecimento ( $F_{CI}$ ) é necessário, à semelhança do que aconteceu para o factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento, calcular as necessidades máximas de aquecimento para a zona climática de referencia e, também, para a zona climática onde se encontra situado o edifício.

As necessidades máximas de aquecimento dependem do factor de forma e do número de graus-dia associado à zona climática. O número de graus-dia é um número que representa a severidade de um clima aquando da estação de aquecimento, sendo igual ao somatório das diferenças positivas entre uma dada temperatura de base e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento (Alínea hh); Decreto-Lei 80/2006; p.2476). O factor de forma não é mais que a razão entre o somatório das áreas da envolvente exterior ( $A_{EXT}$ ) e interior ( $A_{INT}$ ) do edifício ou fracção autónoma com exigências térmicas e o respectivo volume interior ( $V$ ), de acordo com a seguinte fórmula (Alínea dd); Decreto-Lei 80/2006; p.2476):

$$FF = \left[ A_{EXT} + \sum (\tau \times A_{INT})_i \right] / V$$

$\tau$  – Coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos.

- Número de Graus-dia:

Na Tabela 4.12 apresenta-se o número de graus-dia para a região climática de referência e para a região climática onde está situado o edifício em estudo.

**Tabela 4.12 – Número de Graus-dia**

	<b>Número de Graus-dia</b>
Região climática de referência	1000
Região climática onde está o edifício - Coimbra <sup>19</sup>	1460

- Factores de Forma:

Devido a este edifício possuir dois tipos de tipologia (Pequena Loja e escritórios) será necessário calcular dois factores de forma para cada um deles. No CD que acompanha o relatório de dissertação encontram-se fichas obtidas pelo software de simulação com a envolvente exterior discriminada, tanto para a pequena loja como para os escritórios e, também, as áreas equivalentes ( $\tau \times A$ ) da envolvente interior tanto para a pequena loja como para os escritórios.

Nas Tabelas 4.13 e 4.14 estão condensados os valores para as áreas da envolvente exterior em relação à pequena loja e aos escritórios. Nas tabelas 4.15 e 4.16 estão condensados os valores para as áreas equivalentes da envolvente interior para a pequena loja e escritórios.

<sup>19</sup> Quadro III.1; Anexo III; Decreto-Lei 80/2006; p. 2479

**Tabela 4.13 – Áreas envolvente exterior pequena loja**

<b>Envolvente exterior – Pequena Loja</b>	<b>Áreas [m<sup>2</sup>]</b>
Paredes exteriores	81
Coberturas exteriores	-
Pavimentos exteriores	-
Envidraçados exteriores	14
<b>Somatório</b>	<b>95</b>

**Tabela 4.14 – Áreas envolvente exterior escritórios**

<b>Envolvente exterior – Escritórios</b>	<b>Áreas [m<sup>2</sup>]</b>
Paredes exteriores	1000
Coberturas exteriores	257
Pavimentos exteriores	40
Envidraçados exteriores	416
<b>Somatório</b>	<b>1712</b>

**Tabela 4.15 – Áreas equivalentes envolvente interior pequena loja**

<b>Envolvente interior – Pequena loja</b>	<b>Áreas equivalentes [m<sup>2</sup>]</b>
Paredes interiores	-
Coberturas interiores	-
Pavimentos interiores	70,24
Envidraçados interiores	-
<b>Somatório</b>	<b>70,24</b>

**Tabela 4.16 - Áreas equivalentes envolvente interior escritórios**

<b>Envolvente interior – Escritórios</b>	<b>Áreas equivalentes [m<sup>2</sup>]</b>
Paredes interiores	172,81
Coberturas interiores	-
Pavimentos interiores	74,21
Envidraçados interiores	-
<b>Somatório</b>	<b>247,02</b>

Para obtermos o volume da pequena loja e os escritórios, multiplicou-se a área útil de pavimento de cada um deles pelo respectivo pé-direito médio. Do capítulo 2 (página 15) sabe-se que o pé-direito médio é cerca de 2,51m, que área útil da pequena loja é 100m<sup>2</sup> e a área útil dos escritórios igual a 2391m<sup>2</sup>, então:

$$V_{\text{Pequena Loja}} = 2,51 \times 100 = 251\text{m}^3$$

$$V_{\text{Escritórios}} = 2,51 \times 2391 = 6001\text{m}^3$$

Com os dados acima expostos torna-se então possível calcular os factores de forma para a pequena loja e os escritórios.

$$FF_{\text{Pequena Loja}} = \frac{[95 + 70,24]}{251} \cong 0,66$$

$$FF_{\text{Escritórios}} = \frac{[1712 + 247,02]}{6001} \cong 0,33$$

Como o factor de forma para a pequena loja situa-se entre 0,5 e 1, segundo o RCCTE<sup>20</sup>, as necessidades máximas de aquecimento para a pequena loja são dadas pela expressão:

$$N_I = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD$$

Como o factor de forma para os escritórios é menor que 0,5, segundo o RCCTE, as necessidades máximas de aquecimento para os escritórios serão dadas pela expressão:

$$N_I = 4,5 + 0,0395 \times GD$$

GD – Número de Graus-Dia

Na Tabela 4.17 apresenta-se as necessidades máximas de aquecimento para a pequena loja e escritórios, tanto para a região climática de referência como para a região climática do local onde se situa o edifício.

**Tabela 4.17 – Necessidades máximas de aquecimento**

	<b>Pequena loja</b>	<b>Escritórios</b>
	<b>[kWh/m<sup>2</sup>.ano]</b>	<b>[kWh/m<sup>2</sup>.ano]</b>
Região climática de referência – N <sub>II</sub>	50,01	44
Região climática onde está o edifício – N <sub>Ii</sub>	70,94	62,17

<sup>20</sup> Folha de cálculo FC IV.1f; Decreto-lei 80/2006; p.2493

Com os dados da Tabela 4.17 torna-se possível calcular o factor de correcção do consumo de energia de aquecimento, tanto para a pequena loja com também para os escritórios:

$$F_{CI-Peque\text{na loja}} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{50,01}{70,94} \cong 0,705$$

$$F_{CI-Escrit\text{órios}} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{44}{62,17} \cong 0,708$$

#### 4.2.1.4 Determinação do $IEE_{NOMINAL}$ e verificação do requisito legal

A verificação do requisito legal faz-se comparando o  $IEE_{NOMINAL}$  com um  $IEE_{REFERÊNCIA}$ . O  $IEE_{NOMINAL}$  não pode ser superior ao  $IEE_{REFERÊNCIA}$  caso contrário o edifício de serviços existente fica sujeito a um plano de racionalização energética (PRE), com o intuito de reduzir o consumo específico para valores regulamentares, sujeito a aprovação pelas autoridades competentes e com execução obrigatória das medidas mencionadas no PRE que apresentem viabilidade económica (Artigo 7º; Decreto-Lei 79/2006; p.2420).

O  $IEE_{REFERÊNCIA}$ , isto é, o valor limite para o consumo específico, é obtido (no caso de edifícios de serviços existentes) recorrendo ao Anexo X do RSECE, conforme a tipologia do edifício (Artigo 31º; Decreto-Lei 79/2006; p.2428).

No edifício em estudo sabe-se que este possui duas tipologias (Pequena Loja e escritórios) e um espaço complementar (Armazém). Nesta situação, tanto o  $IEE_{NOMINAL}$  como o  $IEE_{REFERÊNCIA}$ , são determinados proporcionalmente em função das áreas úteis de pavimento e os valores de IEE obtidos para cada tipologia e espaço complementar. Designando-se os IEE assim obtidos de ponderados (E.13; Manual “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE).

Uma última nota prende-se com o facto de no Anexo X do RSECE não estarem previstos valores de referência para os IEE de espaços complementares em edifícios de serviços existentes. Assim sendo, recorre-se ao Anexo XI do RSECE para se obter os estes valores de referência (E.14; Manual “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE).

- Cálculo do  $IEE_{NOMINAL}$ :

### ***Pequena loja e escritórios:***

Na Tabela 4.18 encontram-se condensados os dados necessários para determinar o  $IEE_{NOMINAL}$  para a pequena loja e os escritórios.

**Tabela 4.18 – Dados para pequena loja e escritórios**

Tipologia	Qaq [kWh/ano]	Qarr [kWh/ano]	Qout [kWh/ano]	Ap [m <sup>2</sup> ]	F <sub>CI</sub>	F <sub>CV</sub>	Ver nota <sup>21</sup>
Pequena loja	9415	2489	5111	100	0,705	0,889	0,290
Escritórios	67000	56541	210554	2391	0,708	0,889	0,290

Com os dados da Tabela 4.18, seguindo a metodologia de cálculo para o IEE publicada no Anexo IX do RSECE, já tratada em 4.2.1 então:

$$IEE_{Nominal, Pequena Loja} = \frac{(9415 \times 0,290)}{100} \times 0,705 + \frac{(2489 \times 0,290)}{100} \times 0,889 + \frac{(5111 \times 0,290)}{100} \leq \Rightarrow$$

$$IEE_{Nominal, Pequena Loja} \cong 40,5 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_{Nominal, escritórios} = \frac{(67001 \times 0,290)}{2391} \times 0,705 + \frac{(56541 \times 0,290)}{2391} \times 0,889 + \frac{(210554 \times 0,290)}{2391} \leq \Rightarrow$$

$$IEE_{Nominal, Escritórios} \cong 37,4 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

### ***Armazém:***

Como neste espaço não existe gastos energéticos com aquecimento e arrefecimento, o IEE é obtido pela seguinte fórmula:

$$IEE_{Armazém} = \frac{Q_{OUT}}{A_{Armazém}}$$

em que:

- Qout: São os consumos (neste caso eléctricos) existentes no armazém não associados a aquecimento e arrefecimento;
- A<sub>Armazém</sub>: Área do útil de pavimento do armazém neste caso igual a 267,1m<sup>2</sup>.

<sup>21</sup> Factor de conversão para energia primária – Electricidade: 0,290kgep/kWh

Do capítulo 2 sabe-se que o armazém tem uma potência de iluminação instalada correspondente a 1700W e uma potência de 3923W associada à ventilação mecânica.

Considerando um número de horas de funcionamento de 2555horas/ano (Armazéns – 7horas/dia, 365 dias por ano; Anexo XI; Decreto-Lei 79/2006; p.2442).

Então:

$$Q_{OUT, Armazém} = (1,7 + 3,923) \times 2555 \cong 14366,8 \text{ kWh/ano}$$

Logo:

$$IEE_{Armazém} = \frac{14366,8 \times 0,290}{267,1} \cong 15,6 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

***IEE<sub>NOMINAL,Ponderado</sub>***:

$$IEE_{Nominal,Ponderado} = \frac{IEE_{Nominal,Peq.Loja} \times A_{p,Peq.Loja} + IEE_{Nominal,Escritórios} \times A_{p,Escritórios} + IEE_{Armazém} \times A_{p,Armazém}}{A_{p,Escritórios} + A_{p,PequenaLoja} + A_{p,Armazém}}$$

$$IEE_{Nominal,Ponderado} = \frac{40,5 \times 100 + 37,5 \times 2391 + 15,6 \times 267,1}{2391 + 100 + 267,1} \cong 35,5 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

- **IEE<sub>REFERÊNCIA</sub>**:

Na Tabela 4.19 estão os valores limites dos consumos globais específicos dos edifícios de serviços existentes. Para a pequena loja e escritórios recorreu-se ao Anexo X do RSECE, para o espaço complementar armazém recorreu-se ao Anexo XI do RSECE (Armazéns – 7horas/dia, 365 dias por ano; Anexo XI; Decreto-Lei 79/2006; p.2442).

**Tabela 4.19 – Valores limite dos consumos específicos, IEE<sub>Referência</sub>**

	<b>IEE<sub>REFERÊNCIA</sub></b> <b>[kgep/m<sup>2</sup>.ano]</b>
Pequena loja	75
Escritórios	40
Armazém	15

**$IEE_{REFERÊNCIA, Ponderado}$ :**

$$IEE_{Ref, Ponderado} = \frac{IEE_{Ref, PequenaLoja} \times A_{p, PequenaLoja} + IEE_{Ref, Escritórios} \times A_{p, Escritórios} + IEE_{Ref, Armazém} \times A_{p, Armazém}}{A_{p, Escritórios} + A_{p, PequenaLoja} + A_{p, Armazém}} \Leftrightarrow$$

$$IEE_{Referência, Ponderado} = \frac{75 \times 100 + 40 \times 2391 + 15 \times 267,1}{2391 + 100 + 267,1} \cong 38,8 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

- Verificação do requisito legal:

Como já visto anteriormente para o requisito legal ser verificado a seguinte condição tem de ser verificada:

$$IEE_{NOMINAL, Ponderado} < IEE_{REFERÊNCIA, Ponderado}$$

Dos cálculos anteriores sabe-se que:

$$IEE_{NOMINAL, Ponderado} = 35,5 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

E:

$$IEE_{REFERÊNCIA, Ponderado} = 38,8 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Então:

$$35,5 < 38,8$$

Verificada a condição, está também verificado o requisito legal. O IEE do edifício de serviços em estudo não ultrapassou o máximo permitido pelo RSECE, como tal, está isento de um plano de racionalização energética formal – PRE.

#### 4.2.2 Classe energética do edifício

Com a verificação do requisito legal no subcapítulo 4.2.1.4, passa-se para a determinação da classe energética do edifício de serviços em estudo. Esta classificação não é mais que um indicador global do desempenho energético do edifício, baseado em pressupostos nominais. O processo de classificação vem descrito no Despacho N.º 10250/2008, no âmbito do sistema nacional de certificação energética (Decreto-Lei N.º 78/2006 de 4 de Abril).

A classificação energética segue uma escala com 9 classes possíveis (A+ a G), em que a classe A+ representa um edifício com melhor desempenho energético e a classe G, um edifício com pior desempenho energético.

Segundo o número 5 do artigo 3º do Despacho N.º 10250/2008, devido ao edifício de serviços em estudo possuir uma potência instalada de climatização superior a 25kW, a determinação da classe energética é feita a partir dos valores do  $IEE_{NOMINAL}$ ,  $IEE_{REF,NOVOS}$  e um parâmetro S, em que:

- $IEE_{NOMINAL}$ : É igual ao  $IEE_{NOMINAL,Ponderado}$  já determinado no subcapítulo 4.2.1.4;
- $IEE_{REF,NOVOS}$ : É o indicador de eficiência energética de referência para novos edifícios (Obtido por ponderação dos valores indicados no Anexo XI do RSECE para cada tipologia);
- S: É obtido ponderando os valores de S, tabelados no Anexo IV do Despacho N.º 10250/2008, para cada tipologia do edifício. Corresponde à soma dos consumos específicos para aquecimento, arrefecimento e iluminação conforme determinados na simulação dinâmica que deu origem aos valores limite de referência para edifícios novos, publicados no RSECE.

Na Fig. 4.11 está apresentado as condições a verificar associadas a cada classe energética.

Classe Energética	Condição a verificar
A +	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S$
A	$IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S$
B	$IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S$
B -	$IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos}$
C	$IEE_{ref,novos} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S$
D	$IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S$
E	$IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S$
F	$IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S$
G	$IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$

Figura 4.11 – Condições a verificar, N.º 6 do Artigo 3º do Despacho N.º 10250/2008



Do subcapítulo 4.2.1.4 sabe-se que para o edifício em estudo:

$$IEE_{NOMINAL,Ponderado} = 35,5 \text{ kgep/m}^2.\text{ano}$$

Na Tabela 4.20 estão expostos os valores de referência para cada tipologia de  $IEE_{REF,Novos}$ , S e área útil de pavimento.

**Tabela 4.20 – Valores de referência**

Tipologia	$IEE_{REF,Novos}$ [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	S [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	Ap [m <sup>2</sup> ]
Pequena loja	35	26	100
Escritórios	35	15	2391
Armazém	15	5	267,1

Com os dados anteriores, pondera-se o  $IEE_{REF,Novos}$  e S:

- $IEE_{REF,Novos\_Ponderado}$ :

$$IEE_{Ref,Novos\_Pond} = \frac{IEE_{Ref,NovosPeq.Loja} \times A_{p,Peq.Loja} + IEE_{Ref,NovosEscritórios} \times A_{p,Escritórios} + IEE_{Ref,NovosArmazém} \times A_{p,Armazém}}{A_{p,Escritórios} + A_{p,PequenaLoja} + A_{p,Armazém}} \Leftrightarrow$$

$$IEE_{Ref,Novos\_Ponderado} = \frac{35 \times 100 + 35 \times 2391 + 15 \times 267,1}{2391 + 100 + 267,1} \cong 33,1 \text{ kgep/m}^2.\text{ano}$$

- $S_{Ponderado}$ :

$$S_{Ponderado} = \frac{S_{Peq.Loja} \times A_{p,Peq.Loja} + S_{Escritórios} \times A_{p,Escritórios} + S_{Armazém} \times A_{p,Armazém}}{A_{p,Escritórios} + A_{p,PequenaLoja} + A_{p,Armazém}} \Leftrightarrow$$

$$S_{Ponderado} = \frac{26 \times 100 + 15 \times 2391 + 5 \times 267,1}{2391 + 100 + 267,1} \cong 14,4 \text{ kgep/m}^2.\text{ano}$$

### Classe energética:

Após a determinação dos valores anteriores, ao consultar a Fig. 4.11 conclui-se que a classe energética para o edifício em estudo é a **C**.

Condição para classe C:

$$IEE_{REF,NOVOS} < IEE_{NOMINAL} \leq IEE_{REF,NOVOS} + 0,5 \times S$$

$$33,1 < 35,5 \leq 40,3$$



# Capítulo 5

## *Medidas para aumento de eficiência energética*

Sistema de microgeração fotovoltaico

Medidas de redução de consumo energético



## 5. Medidas propostas para aumento de eficiência energética

### Resumo do capítulo

Como o próprio nome do capítulo indica, é proposto uma série de medidas com o intuito de tornar o edifício de serviços mais eficiente (com todas as vantagens associadas) e com uma classe energética melhor. Sendo estas propostas apoiadas por simulação e uma simples análise económica.

### 5.1 Sistema de microgeração fotovoltaico

#### 5.1.1 Descrição do sistema proposto, orçamento e energia produzida

##### *Sistema proposto:*

O edifício em estudo não recorre a fontes renováveis de energia tanto para produção de águas quentes sanitárias como para produção de energia eléctrica. Dado ser um edifício em que a fachada principal se encontra virada a sul, propõe-se a instalação de um sistema de microgeração fotovoltaico, cuja energia produzida é totalmente vendida à rede, nesta fachada do edifício.

Este tipo de sistema, apesar do investimento inicial elevado, é ecologicamente limpo, com uma vida útil longa (por exemplo, a vida útil dos módulos fotovoltaicos é cerca de 20 anos) e não requererem grandes cuidados a nível de manutenção. É também um sistema que recorre a tecnologias que, em Portugal, tem benefícios fiscais (tarifas especiais para venda de electricidade, deduções nos impostos) que as tornam alternativas mais atraentes.

Propõe-se deste modo um sistema de microgeração fotovoltaico, cuja produção eléctrica é inteiramente para venda à rede eléctrica sob tarifa especial (abordado mais à frente), constituído por:

- 30 Módulos fotovoltaicos de silício policristalino da marca Kyocera, modelo KC167GH-2;
- 1 Inversor da marca Fronius, modelo IG40.

Cada um dos módulos possui uma potência máxima de pico de 167Wp, assim sendo, este sistema tem uma potência total de pico de 5kWp. O Inversor tem uma potência nominal de saída de 3500W. Cada módulo é montado na fachada sul do edifício com uma inclinação de 60° com a horizontal, assim é devido à arquitectura do edifício.

Cada módulo tem um preço aproximado de 807€, enquanto o inversor tem um preço de 2084,32€. Segundo estes preços o sistema de microgeração fotovoltaico terá um custo aproximado (considera-se 7% desconto de tabela) de:  $(807 \times 30 + 2084,32) \times 0,93 = 24453,72\text{€}$ . No CD que acompanha o relatório de dissertação encontram-se os catálogos com as respectivas características técnicas dos equipamentos e, também, dos preços destes.

### **Energia produzida:**

Para obter uma estimativa da energia produzida pelo sistema proposto, recorreu-se ao programa SOLTERM 5.1. Este programa permite obter estimativas mês a mês para a energia produzida pelo sistema de microgeração fotovoltaico proposto.

Para obter as estimativas foi necessário definir a localização do edifício, o tipo de equipamentos e a inclinação dos módulos fotovoltaicos. No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se a ficha emitida pelo programa com a estimativa da produção de energia eléctrica para o sistema de microgeração.

Na Tabela 5.1 expõe-se a estimativa da energia produzida pelo sistema, mês a mês, segundo o programa SOLTERM 5.1.

**Tabela 5.1 - Energia produzida mês a mês**

<b>Mês</b>	<b>Energia produzida [kWh]</b>	<b>Mês</b>	<b>Energia produzida [kWh]</b>
Janeiro	337	Julho	466
Fevereiro	369	Agosto	487
Março	411	Setembro	436
Abril	444	Outubro	434
Maio	465	Novembro	388
Junho	429	Dezembro	352

#### **5.1.2 Remuneração**

Com o Decreto-Lei n.º 225/2007 de 31 de Maio assiste-se na aposta, por parte do estado português, nas centrais fotovoltaicas de microgeração em edifícios de natureza residencial, comercial, de serviços ou industrial. Esta aposta traduz-se na criação de uma tarifa especial para este tipo de centrais tornando, deste modo, mais atractivos possíveis investimentos neste tipo de tecnologia que pela sua natureza tem um custo inicial elevado.

Segundo Decreto-Lei n.º 225/2007 os promotores das centrais renováveis são remunerados pelo fornecimento da electricidade entregue à rede segundo as fórmulas de cálculo presentes no Anexo deste mesmo Decreto-Lei. A remuneração tem uma base mensal e é calculada pela seguinte fórmula:

$$VDR_m = \{KMHO_m \times [PF(VDR)_m + PV(VDR)_m] + PA(VDR)_m \times Z\} \times \left[ \frac{IPC_{m-1}}{IPC_{ref}} \right] \times \left[ \frac{1}{1 - LEV} \right] \quad (5.1)$$

em que:

- $VDR_m$  – É a remuneração aplicável à central renovável no mês  $m$ ;
- $KMHO_m$  – É um coeficiente que modula os valores de  $PF(VDR)_m$ ,  $PV(VDR)_m$  e de  $PA(VDR)_m$  em função do posto horário em que a electricidade tenha sido fornecida;
- $PF(VDR)_m$  – É a parcela fixa da remuneração aplicável a centrais renováveis no mês  $m$ ;

- $PV(VDR)_m$  – É a parcela variável da remuneração aplicável a centrais renováveis no mês  $m$ ;
- $PA(VDR)_m$  – É a parcela ambiental da remuneração aplicável a centrais renováveis no mês  $m$ ;
- $Z$  – É o coeficiente adimensional que traduz as características específicas do recurso endógeno e da tecnologia utilizada na instalação licenciada;
- $IPC_{m-1}$  – É o índice de preços no consumidor, sem habitação, no continente, referente ao mês  $m-1$ ;
- $IPC_{ref}$  – É o índice de preços no consumidor, sem habitação, no continente, referente ao mês anterior ao início do fornecimento de electricidade à rede pela central renovável;
- $LEV$  – Representa as perdas, nas redes de transporte e distribuição, evitadas pela central renovável.

Como se trata de uma central fotovoltaica, esta só irá produzir energia durante os períodos do dia em que houver sol, isto é, sensivelmente entre as 7h e as 19h, coincidente com as horas cheias e de ponta. Deste modo faz sentido optar pela modulação tarifária que, do ponto de vista remuneratório, é mais vantajoso para centrais fotovoltaicas. Assim sendo, o coeficiente  $KMHO_m$  é calculado pela seguinte fórmula:

$$KMHO_m = \frac{[KMHO_{pc} \times ECR_{pc,m} + KMHO_v \times ECR_{v,m}]}{ECR_m} \quad (5.2)$$

em que:

- $KMHO_{pc}$  – É um factor que representa a modulação correspondente a horas cheias e horas de ponta, como se trata de uma central fotovoltaica este assume o valor de 1,25;
- $ECR_{pc,m}$  – É a electricidade produzida pela central renovável nas horas cheias e de ponta do mês  $m$ , em kWh;
- $KMHO_v$  – É um factor que representa a modulação correspondente a horas de vazio, como se trata de uma central fotovoltaica este assume o valor de 0,65;
- $ECR_{v,m}$  – É a electricidade produzida pela central renovável nas horas de vazio do mês  $m$ , em kWh;
- $ECR_m$  – É a electricidade produzida pela central renovável no mês  $m$ , em kWh.

O coeficiente  $PF(VDR)_m$ , presente na fórmula 5.1, é obtido através da fórmula seguinte:

$$PF(VDR)_m = PF(U)_{ref} \times COEF_{pot,m} \times POT_{med,m} \quad (5.3)$$

em que:

- $PF(U)_{ref}$  – É o valor unitário de referência para  $PF(VDR)_m$ . Presentemente assume o valor de 5,44 €/kWh/mês;
- $COEF_{pot,m}$  – É um coeficiente adimensional que traduz a contribuição da central renovável, no mês  $m$ , para garantia de potência proporcionada pela rede pública;
- $POT_{med,m}$  – É a potência média disponibilizada pela central renovável à rede pública no mês  $m$ , em kWh.

Os coeficientes  $COEF_{pot,m}$  e  $POT_{med,m}$ , presentes na fórmula 5.3, são obtidos pela seguinte fórmula:

$$COEF_{pot,m} = \frac{ECR_m}{576 \times POT_{dec}} \quad (5.4)$$

$$POT_{med,m} = \min\left(POT_{dec}; \frac{ECR_m}{24 \times NDM_m}\right) \quad (5.5)$$

em que:

- $ECR_m$  – É a electricidade produzida pela central renovável no mês  $m$ , em kWh.
- $POT_{dec}$  – É a potência da central, declarada pelo produtor no acto de licenciamento, em kWh;
- $NDM_m$  – É o número de dias do mês  $m$ , segundo a legislação actual assume o valor 30.

Os coeficientes  $PV(VDR)_m$  e  $PA(VDR)_m$ , presentes na fórmula 5.1, são obtidos através da fórmula seguinte:

$$PV(VDR)_m = PV(U)_{ref} \times ECR_m \quad (5.6)$$

$$PA(VDR)_m = ECE(U)_{ref} \times CCR_{ref} \times ECR_m \quad (5.7)$$

em que:

- $ECR_m$  – É a electricidade produzida pela central renovável no mês  $m$ , em kWh.
- $PV(U)_{ref}$  – É o valor unitário de referência para  $PA(VDR)_m$ . Presentemente assume o valor de 0,036 €/kWh;
- $ECE(U)_{ref}$  – É o valor unitário de referência para as emissões de dióxido de carbono evitadas pela central renovável. Presentemente assume o valor de 0,00002 €/g;
- $CCR_{ref}$  – É o montante unitário das emissões de  $CO_2$  da central de referência. Presentemente assume o valor de 370 g/kWh.

O parâmetro LEV e o coeficiente Z assumem os seguintes valores:

- $LEV = 0,035$  – Potência da central fotovoltaica proposta é inferior a 5MW;
- $Z = 55$  – A central seria, hipoteticamente, instalada no edifício em estudo, isto é, um edifício de serviços e teria uma potência menor que 5kW.

Por fim, e devido esta medida se tratar do estudo da criação de uma central de microgeração fotovoltaica, na falta de melhor informação, considerou-se que o  $IPC_{ref} = IPC_{m-1} = 99,1$  ( $IPC_{ref}$  de Novembro de 2009 – Instituto nacional de estatística). Dado este valor ser um indicador de inflação, ao considerar o mesmo valor para todos os meses, o  $VRD_m$  será uma estimativa por defeito, pois, a inflação tende a subir ao longo do ano, salvo seja, em períodos de grandes crises económicas em que a inflação pode descer e, nesse caso, a estimativa para o  $VRD_m$  será por excesso.



Na Tabela 5.2 estão resumidos os valores dos coeficientes que não são obtidos recorrendo a fórmulas.

**Tabela 5.2 - Coeficientes**

Z	KMHOpc	KMHOsv	IPCm-1	POTdec [kW]	LEV	PF(U)ref [€/kW.mês]	PV(U)ref [€/kWh]	ECE(U)ref [€/g]	IPCref	CCRref [g/kWh]
55	1,25	0,65	99,1	5	0,035	5,44	0,036	0,00002	99,1	370

Considerando que  $ECR_m = ECR_{pc,m}$ , na Tabela 5.3 estão calculados os valores mês a mês para cada um dos coeficientes, obtidos sequencialmente, pelas equações: 5.2, 5.4, 5.5, 5.3, 5.6, 5.7 e, por fim, para obtenção do valor de remuneração mês a mês, a equação 5.1.

**Tabela 5.3 – Total anual do valor de remuneração pago ao produtor**

Mês	ECRm [kWh]	KMHOm	COEFpot,m	POTmed,m [kW]	PF(VDR)m [€]	PV(VDR)m [€]	PA(VDR)m [€]	VDRm [€]
Janeiro	337	1,25	0,11701	0,46806	0,30	12,13	2,49	158,23
Fevereiro	369	1,25	0,12813	0,51250	0,36	13,28	2,73	173,30
Março	411	1,25	0,14271	0,57083	0,44	14,80	3,04	193,08
Abril	444	1,25	0,15417	0,61667	0,52	15,98	3,29	208,64
Mai	465	1,25	0,16146	0,64583	0,57	16,74	3,44	218,54
Junho	429	1,25	0,14896	0,59583	0,48	15,44	3,17	201,57
Julho	466	1,25	0,16181	0,64722	0,57	16,78	3,45	219,01
Agosto	487	1,25	0,16910	0,67639	0,62	17,53	3,60	228,91
Setembro	436	1,25	0,15139	0,60556	0,50	15,70	3,23	204,87
Outubro	434	1,25	0,15069	0,60278	0,49	15,62	3,21	203,92
Novembro	388	1,25	0,13472	0,53889	0,39	13,97	2,87	182,25
Dezembro	352	1,25	0,12222	0,48889	0,33	12,67	2,60	165,30
<b>Total VDR [€/ano] =</b>								<b>2357,62</b>

Pela Tabela 5.3 estima-se que, para o sistema proposto, o valor pago ao produtor por ano, pela venda de electricidade à rede, seja cerca de 2357,62€.

### 5.1.3 Retorno de investimento – Simples

Para obter o período de retorno do investimento simples, unicamente faz-se o quociente entre custo inicial de implementação do sistema de microgeração fotovoltaico pela remuneração anual, estimada anteriormente. Como tal:

$$Retorno = \frac{\text{Custo inicial de implementação}}{VDR_{anual}} = \frac{24453,72}{2357,62} \cong 10,3 \text{ anos}$$

Segundo estas estimativas, esta medida estaria paga ao fim de 10,3 anos de produção de energia, nas condições previstas. A partir dessa data, idealmente, o produtor só teria lucro. Mais ainda, de acordo com o N.º 20, alínea d), Artigo 2.º do Decreto-Lei N.º 225/2007 de 31 de Maio, esta instalação continuaria a usufruir por mais 4,7 anos de um montante de remuneração especial, por cada megawatt de potência de injeção na rede atribuído, calculado com base num factor de potência de 0,98. Assim é, dado que esta tarifa VRD só é válida, no caso de centrais fotovoltaicas de microgeração (quando instaladas em edifícios de natureza residencial, de serviços ou industrial), durante os primeiros 15 anos a contar desde o início do fornecimento de electricidade à rede.

Considerando que, por qualquer motivo, surge necessidade de águas quentes sanitárias no edifício em estudo, sabendo que a potência de ligação à rede do sistema de microgeração fotovoltaico é de 3600W (potência do inversor) se, hipoteticamente, instalasse-se 2m<sup>2</sup> de colectores solares térmicos<sup>22</sup> neste edifício então, estar-se-ia em condições de aplicar o Decreto-Lei N.º 363/2007. Este Decreto-Lei, ao contrário do Decreto-Lei N.º 225/2007, fixa uma tarifa de remuneração em regime bonificado, durante os primeiros 5 anos da instalação, de 0,65€/kWh<sup>23</sup>. Somando a energia produzida mês a mês, já exposta na Tabela 5.1, obtém-se a produção anual de energia eléctrica que é cerca de 5018kWh então, o retorno do investimento seria, considerando que nos próximos 10 anos não é atingido, a nível nacional, 10MW de potência registada:

$$Retorno_{DL363/2007} = \frac{\text{Custo inicial de implementação}}{\text{Remuneração}} = \frac{24453,72 + 3228,30}{5018 \times 0,65} \cong 8,4 \text{ anos}$$

Nestas condições o investimento estaria amortizado ao fim de pouco mais de 8 anos o que é um período de amortização mais interessante que os 10,3 anos obtidos por aplicação do Decreto-Lei N.º 225/2007.

<sup>22</sup> Orçamento e características técnicas no CD que acompanha o relatório de dissertação

<sup>23</sup> Números 1 e 2 do Artigo 11.º, Decreto-Lei N.º 363/2007

## 5.2 Medidas de redução de consumo energético

### 5.2.1 Aplicação de películas de protecção solar

#### *Descrição da medida:*

Esta medida consiste em aplicar nos envidraçados dos escritórios e na loja do piso 0, uma película que reduz os ganhos solares através dos envidraçados, ou seja, esta película, efectivamente, faz baixar o factor solar dos envidraçados ( $g_{\perp}$ ). A aplicação desta película nos envidraçados trás, também, outras vantagens como a redução do encadeamento, controlo dos picos de luminosidade e redução drástica da radiação ultravioleta.

#### *Dados:*

No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se a ficha com as características técnicas da película de protecção solar proposta, fornecido pelo fabricante.

A película proposta é uma película exterior (aplicada na parte exterior do envidraçado) de protecção solar da marca LLUMAR, modelo HELIUS RHE20 SI ER HPR.

Segundo as informações do fabricante o factor solar da película de protecção solar é de  $g_{\perp env-rhe20} = 0,142$ . Dado que já existe uma protecção solar interior com um factor solar de  $g_{\perp env-cortina} = 0,37$  (Esta protecção já foi tratada no capítulo 2), torna-se necessário calcular um novo factor solar que englobe estes dois dispositivos de protecção solar, recorreu-se ao Anexo V do RCCTE, ponto 2.3, fórmula 4 (Vidros duplos):

$$g_{\perp, envidraçado} = g_{\perp v} \times \prod_i \frac{g'_{\perp i}}{0,75}$$

em que:

- $g'_{\perp 1} = g_{\perp env-rhe20} = 0,142$ ;
- $g'_{\perp 2} = g_{\perp env-cortina} = 0,37$ ;
- $g_{\perp v} = 0,75$  (Visto no capítulo 2).

Então:

$$g_{\perp, envidraçado} = 0,75 \times \frac{0,142}{0,75} \times \frac{0,37}{0,75} \cong 0,07$$

Como no software de simulação tem-se que entrar com o factor solar da estação de arrefecimento (mais propriamente o SC – Shading coefficient), segundo o RCCTE (Anexo V, Ponto 2.3), este factor solar é igual à soma de 30% do factor solar do envidraçado com 70% do factor solar com as protecções actuadas. Então:

$$g_{\perp, estação de arrefecimento} = 0,3 \times g_{\perp env-rhe20} + 0,7 \times g_{\perp, envidraçado} \cong 0,09$$

Do capítulo 3 deste relatório sabe-se que:

$$SC^{Shading\ Coefficient} = \frac{g_{\text{Iestação de arrefecimento}}}{0,87} \cong 0,10$$

### **Resultados obtidos em simulação:**

Aproveitando o modelo de simulação detalhada real já visto no capítulo 4, substituindo nos envidraçados (Orientados a Sul, Este e Oeste) dos escritórios e loja piso 0 o SC<sup>Shading coefficient</sup> anterior pelo novo, referente a aplicação da película de protecção solar, voltou-se a simular o modelo, estando os resultados, segundo o programa, no Anexo B (Figuras B.1 e B.2) deste relatório. No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se o modelo de simulação e as fichas com os consumos detalhados.

Na Tabela 5.4 estão expostos os novos consumos eléctricos, segundo a simulação, após a aplicação da película solar. Também se expõe os consumos antes da aplicação da película.

**Tabela 5.4 - Consumos eléctricos antes e depois da aplicação da película**

<b>Energia eléctrica consumida em:</b>	<b>Consumos antes [kWh/ano]</b>	<b>Consumos depois [kWh/ano]</b>
Aquecimento	32576	47543
Arrefecimento	62226	37829
Ventilação associada à climatização	20683	19435
Iluminação	84902	84902
Equipamentos	131180	131180
Bomba de água	186	186
Elevadores	5009	5009
Iluminação exterior	2656	2656
Ventilação não associada à climatização	29427	29427
<b>Total</b>	<b>368845</b>	<b>358167</b>

## Desagregação dos consumos de energia

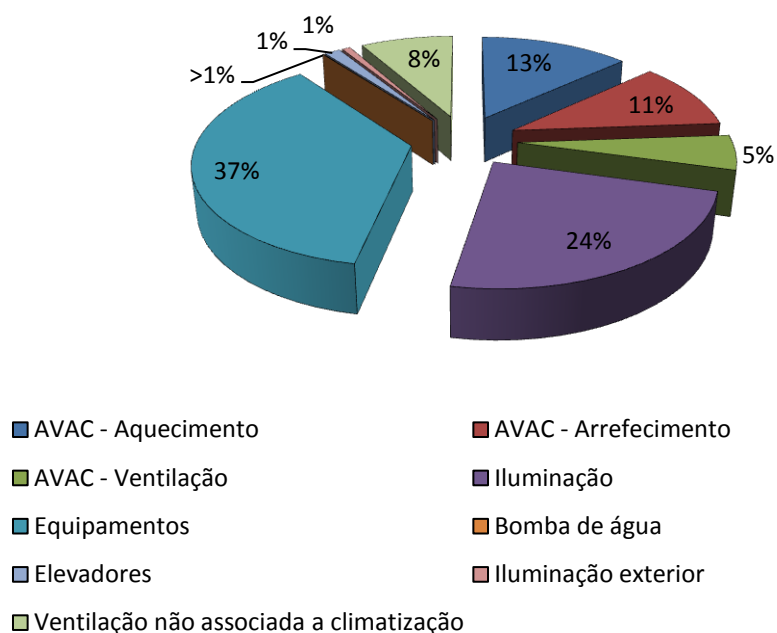


Figura 5.1 – Desagregação dos consumos de energia eléctrica após aplicação da película

## Necessidades térmicas

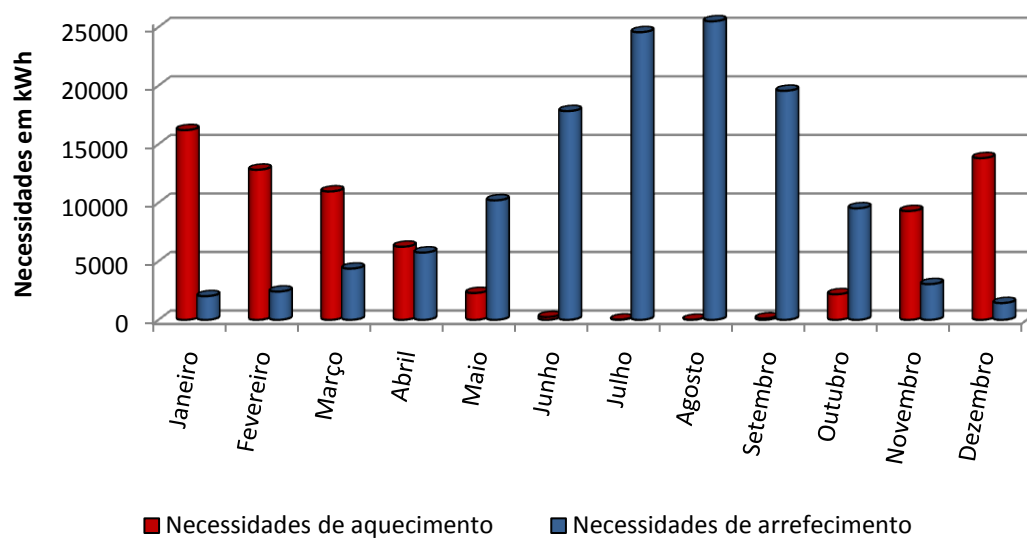


Figura 5.2 – Necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento após aplicação da película

Da Tabela 5.4 se conclui que a aplicação da película de protecção solar nos envidraçados do edifício traduz-se num aumento do consumo de energia ligada ao aquecimento em cerca de 46%<sup>24</sup> e uma redução do consumo de energia ligada ao arrefecimento em cerca de 39%<sup>25</sup>. Na Fig. 5.1 pode-se ver a desagregação dos consumos eléctricos por percentagens.

Da Fig. 5.2 nota-se um aumento das necessidades térmicas de aquecimento que passam de 61609kWh/ano (Capítulo 4.1.2.1) para 74187 kWh/ano e um decréscimo das necessidades de arrefecimento que passam de 229376kWh/ano (Capítulo 4.1.2.1) para 126908kWh/ano (Note-se a redução apreciável das necessidades térmicas de arrefecimento – 44,7%).

### ***Retorno de investimento:***

No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se o orçamento para aplicação da película de protecção solar.

Para calcular o tempo de retorno de investimento, contactou-se uma empresa que faz a aplicação destas películas e pediu-se um orçamento. O orçamento, para este edifício, era de cerca de 4900€ por 128,2m<sup>2</sup> de envidraçado (área correspondente aos envidraçados dos escritórios e loja piso 0 da fachada orientada a sul do edifício em estudo). Como também seria para aplicar a película de protecção solar nos envidraçados dos escritórios e loja piso 0 orientados a Este e a Oeste, a área total de envidraçados ascende a 366,6m<sup>2</sup>. Portanto, aplicando uma relação de áreas obtém-se uma estimativa do custo total de aplicação da película de protecção solar nos envidraçados. Neste caso:

$$Custo\ total\ estimado\ de\ implementa\ ç\ ão\ da\ medida = \frac{4900€ \times 366,6m^2}{128,2m^2} \cong 14000€$$

Da Tabela 5.4 sabe-se que o consumo de energia eléctrica reduz de 368845kWh/ano para 358167kWh/ano, isto é, uma redução de 10678kWh/ano. Considerando uma tarifa eléctrica média (horas de super vazio, vazio, cheias e de ponta) de 0,11€/kWh, então, por ano, com a implementação desta medida poupar-se-ia cerca de:

$$Poupança = 10678 \times 0,11 \cong 1175€/ano$$

O retorno é então obtido fazendo o quociente entre o custo total, estimado, de implementação da medida e a poupança obtida:

$$Retorno = \frac{14000}{1175} \cong 12\ anos$$

Aplicando esta medida, esta só estaria amortizada ao fim de 12 anos.

<sup>24</sup> Aquecimento: [(47543-32576)/32576]\*100 = 46%

<sup>25</sup> Arrefecimento: [(62226-37829)/62226]\*100 = 39%

## 5.2.2 Substituição das UTAN já existentes por uma única UTAN com recuperador de calor

### ***Descrição da medida:***

No edifício em estudo o ar de exaustão dos espaços climatizados não é aproveitado para condicionar o ar novo que é insuflado, deste modo não há aproveitamento da energia contida no ar de exaustão.

Assim sendo esta medida propõe a substituição das actuais UTAN, existentes no edifício, por uma única UTAN a instalar na cobertura do edifício. Esta UTAN possuiria um recuperador de calor sensível (permutador de placas – fluxo cruzado) para fazer a recuperação de energia do ar de exaustão dos espaços climatizados (escritórios, loja piso 0 e átrio piso 0) e, iria suprir as necessidades de ar novo de todos os espaços climatizados.

Com esta medida é de prever uma redução dos consumos energéticos. Isto porque ao aproveitar a energia contida no ar de exaustão para condicionar o ar novo, este ficaria mais próximo das condições de insuflação sendo, portanto, necessário menos energia, por parte do sistema de climatização, para colocar o ar novo nas condições de insuflação.

### ***Dimensionamento da UTAN com recuperador de calor:***

Para o dimensionar a UTAN recorreu-se a uma empresa que, mediante a apresentação de certas características/requisitos de funcionamento, nos recomendaram uma UTAN que satisfaz os requisitos apresentados mais o respectivo orçamento.

As características/requisitos de funcionamento são:

- *Caudal de insuflação:*

É o caudal de ar novo tratado pela UTAN insuflado nos espaços climatizados. Como esta UTAN vai substituir todas as anteriores, o caudal a insuflar, por esta, é dado pela soma dos caudais insuflados pelas UTAN (pisos 0 a 8) a ser substituídas:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{Insuflação} &= \dot{Q}_{I-P0} + \dot{Q}_{I-P1} + \dot{Q}_{I-P2} + \dot{Q}_{I-P3} + \dot{Q}_{I-P4} + \dot{Q}_{I-P5} + \dot{Q}_{I-P6} + \dot{Q}_{I-P7} + \dot{Q}_{I-P8} \\ \dot{Q}_{Insuflação} &= 2400 + 8 \times 1620 = 15360 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

- *Caudal de exaustão:*

É o caudal de ar de exaustão dos espaços climatizados (Pisos 0 a 8) que será enviado para o recuperador da UTAN de modo a que se possa efectuar a recuperação de energia. É dado pela soma de todos caudais de exaustão dos espaços climatizados:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{Exaustão} &= \dot{Q}_{E-P0} + \dot{Q}_{E-P1} + \dot{Q}_{E-P2} + \dot{Q}_{E-P3} + \dot{Q}_{E-P4} + \dot{Q}_{E-P5} + \dot{Q}_{E-P6} + \dot{Q}_{E-P7} + \dot{Q}_{E-P8} \\ \dot{Q}_{Exaustão} &= 1373 + 8 \times 1070 \cong 10000 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

- *Temperaturas exteriores para selecção da UTAN:*

Estas temperaturas foram retiradas da base de dados climática do SOLTERM 5.1, e referem-se a Coimbra, local onde se situa o edifício em estudo:

$$\begin{aligned}T_{Ver\tilde{a}o-BolboSeco} &= 30,6^{\circ}C \\T_{Ver\tilde{a}o-BolboH\acute{u}mido} &= 21,7^{\circ}C \\T_{Inverno-BolboSeco} &= 3,3^{\circ}C\end{aligned}$$

- *Perda de carga total nas condutas:*

É necessário conhecer esta perda de carga para se poder dimensionar correctamente os ventiladores de insuflação e extracção da nova UTAN com recuperador de calor.

Como já visto anteriormente, a nova UTAN substituiria todas as anteriores e ficaria situada na cobertura do edifício em estudo. Nesta situação torna-se necessário dimensionar duas novas redes de condutas. Uma das redes faria a condução do ar novo, condicionado pela UTAN, para os espaços climatizados enquanto a outra rede seria a de retorno, pois conduziria o ar de exaustão dos espaços climatizados para o recuperador da UTAN. Estas redes seriam montadas no exterior do edifício sendo ligadas, piso a piso, às redes de condutas já existentes nos espaços a climatizar.

Dada a arquitectura do edifício optou-se por condutas do tipo rectangular. Para determinar as dimensões das condutas recorreu-se ao método da velocidade constante e dado que são condutas exteriores o ruído não será um factor de peso, como tal, definiu-se a velocidade do ar em 4,5m/s. Pela seguinte fórmula obteve-se, segundo este método, as áreas das condutas para cada troço. Pela área, arbitrando um dos lados da conduta rectangular, obtém-se as dimensões das condutas.

$$A_{Conduta} = \frac{\dot{Q}}{v \times 3600} [m^2]$$

Nas Tabelas 5.5 e 5.6 encontram-se dimensionados os troços que compõe as redes de condutas de insuflação e retorno principais.



**Tabela 5.5 - Rede de conduta de insuflação**

Piso:	Caudal por pisos [m³/h]	Caudal na conduta principal [m³/h]	A <sub>Conduta</sub> [m²]	Secção		Perímetro <sub>Conduta</sub> [m]	Comprimento do troço da conduta principal [m]	Área por comprimento do troço da conduta principal [m²]	
				[m]					
				Lado maior	Lado menor				
Conduta de Insuflação	0	2400	2400	0,15	0,50	0,30	1,60	5,20	8,32
	1	1620	4020	0,25	0,50	0,50	2,00	3,70	7,40
	2	1620	5640	0,35	0,70	0,50	2,40	3,70	8,88
	3	1620	7260	0,45	0,90	0,50	2,80	3,70	10,36
	4	1620	8880	0,55	1,10	0,50	3,20	3,70	11,88
	5	1620	10500	0,65	1,30	0,50	3,60	3,70	13,32
	6	1620	12120	0,75	1,50	0,50	4,00	3,70	14,80
	7	1620	13740	0,85	1,70	0,50	4,40	3,70	16,28
	8	1620	15360	0,95	1,70	0,55	4,52	1,45	6,55
	Cob.	-	15360	0,95	1,70	0,55	4,52	20,75	93,79
	Total:							53,30 m	191,58 m²

**Tabela 5.6 - Rede de conduta de retorno**

Piso:	Caudal por pisos [m³/h]	Caudal na conduta principal [m³/h]	A <sub>Conduta</sub> [m²]	Secção		Perímetro <sub>Conduta</sub> [m]	Comprimento do troço da conduta principal [m]	Área por comprimento do troço da conduta principal [m²]	
				[m]					
				Lado maior	Lado menor				
Conduta de Insuflação	0	1373	1373	0,10	0,30	0,30	1,20	5,20	6,24
	1	1070	2510	0,15	0,50	0,30	1,60	3,70	5,92
	2	1070	3580	0,22	0,50	0,45	1,88	3,70	6,96
	3	1070	4650	0,29	0,60	0,50	2,20	3,70	8,14
	4	1070	5720	0,35	0,70	0,50	2,40	3,70	8,88
	5	1070	6790	0,42	0,85	0,50	2,68	3,70	9,92
	6	1070	7860	0,49	1,00	0,50	3,00	3,70	11,10
	7	1070	8930	0,55	1,10	0,50	3,20	3,70	11,84
	8	1070	10000	0,62	1,20	0,50	3,40	1,45	4,93
	Cob.	-	10000	0,62	1,20	0,50	3,40	9,80	33,32
	Total:							42,35 m	107,25 m²

Na Tabela 5.7 encontram-se dimensionadas os ramais que ligam as condutas principais, de insuflação e retorno, aos espaços climatizados (às redes de condutas de já existentes). Para estes ramais optou-se por condutas de diâmetro circular e mesma velocidade, 4,5 m/s.

Tabela 5.7 - Dimensionamento dos ramais

	Piso(s)	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	A <sub>Conduta</sub> [m <sup>2</sup> ]	Diâmetro <sub>Conduta</sub> [m]	Perímetro <sub>Conduta</sub> [m]	Comprimento do ramal	Área por comprimento do ramal
						(Comprimento total, pisos 1 a 8) [m]	(Área por comprimento total, pisos 1 a 8) [m <sup>2</sup> ]
<b>Conduta de</b>	1 a 8	1620	0,10	0,36	1,12	1,5 (12)	1,68 (13,45)
<b>Insuflação</b>							
<b>Conduta de</b>	1 a 8	1070	0,07	0,29	0,91	1,5 (12)	1,36 (10,93)
<b>Retorno</b>							

Para encontrar a perda de carga total para cada uma das condutas é necessário conhecer o caminho crítico, isto é, o maior comprimento de condutas servido pela UTAN. Este caminho é, geralmente, o caminho com mais perdas de carga. No edifício em estudo o piso 0 é o piso com espaços climatizados mais distantes da UTAN. Assim sendo, o caminho crítico, tanto para a conduta de insuflação como de retorno, é dado pela soma do comprimento da conduta principal (determinado nas Tabelas 5.5 e 5.6) e o troço, das condutas de insuflação ou retorno, mais comprido presente no piso 0.

No piso 0, a ramal crítico de insuflação possui em sua extremidade um difusor linear FRANCE AIR, modelo IN V 2.2 KRI1500, que introduz uma perda de carga, considerando o caudal que por lá é insuflado (213 m<sup>3</sup>/h), de 41Pa. No ramal crítico de retorno possui em sua extremidade uma grelha de extracção FRANCE AIR, modelo GE GAV21 400x150, que introduz uma perda de carga, considerando o caudal que por lá é insuflado, de 8Pa (500m<sup>3</sup>/h).

A determinação da perda de carga total foi feita recorrendo-se ao programa EASYVENT da S&P. Para tal teve-se que definir a geometria, tipo de conduta e os caudais de ar envolvidos nos troços que compõem as condutas de insuflação e de retorno críticas, também, o difusor linear e a grelha de extracção presente nas extremidades dos caminhos críticos de insuflação e retorno. As fichas emitidas pelo programa encontram-se no CD que acompanha este relatório.

Na Tabela 5.8 está exposto a perda de carga total a considerar no dimensionamento da UTAN, obtida recorrendo ao EASYVENT da S&P.

**Tabela 5.8 - Perda de carga total**

	<b>Perda de carga total</b>
	<b>[Pa]</b>
<b>Conduta de insuflação</b>	113
<b>Conduta de retorno</b>	109

Mediante os dados anteriores, consultou-se uma empresa que propôs a seguinte UTAN:

- UTAN de marca CIAT, modelo AIRTECH200, com recuperador de calor de fluxos cruzados da marca Delta Airplus. No CD que acompanha o relatório de dissertação apresenta-se as fichas com as características técnicas da UTAN em questão. Esta UTAN possui apenas uma bateria que pode funcionar em modo de aquecimento ou arrefecimento, consoante as necessidades. É servida pelo chiller/bomba de calor já existente (AQUACIAT 2 350V) que serve as UTAN a ser substituídas.

### Resultados obtidos em simulação:

Para se poder simular a utilização da UTAN com recuperador de calor de fluxos cruzados foi necessário proceder-se a algumas alterações no modelo de simulação detalhado real (abordado no capítulo 4). Estas alterações passam por, no software de simulação – TRACE700, pela criação de um único sistema VRV que serve todos os espaços climatizados (Fig. 5.3). É neste sistema que se define a UTAN e o respectivo recuperador de calor (Fig. 5.4), sendo depois necessário definir as novas potências de ventilação (Fig. 5.5) e, por fim, necessário definir as potências de aquecimento e arrefecimento da bomba de calor associada a este sistema (Fig. 5.6). É necessário proceder-se a criação deste único sistema devido ao software TRACE700 não permitir que se associe mais que um sistema VRV a uma única UTAN com recuperador, daí ser necessário a criação deste sistema equivalente.

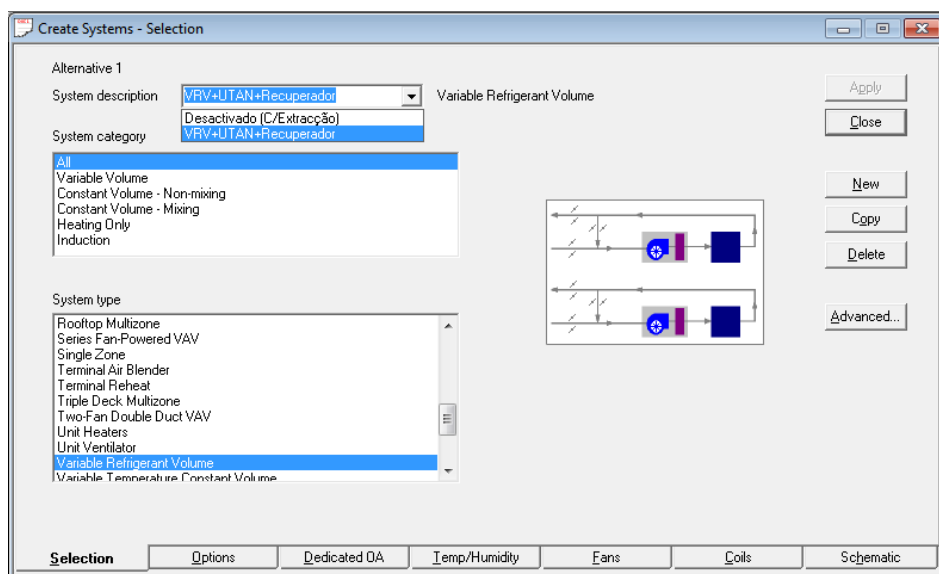


Figura 5.3 - Definição do sistema VRV único

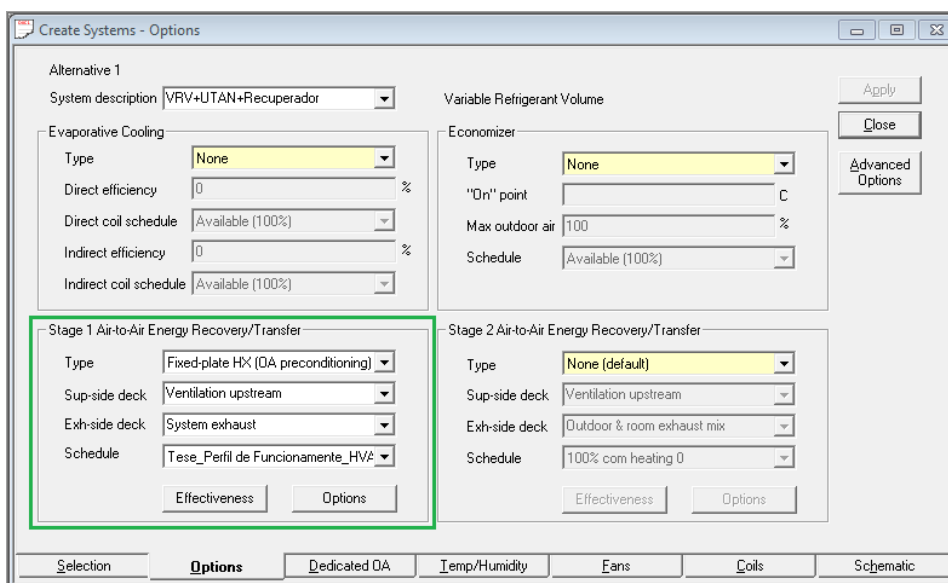


Figura 5.4 - Definição do recuperador de calor de fluxo cruzados (Fixed-plate HX)

Create Systems - Fan Overrides

Alternative 1

System description: VRV+UTAN+Recuperador Variable Refrigerant Volume

Fan cycling schedule: No fan cycling

Apply

Close

Overrides...

	Type	Static Pressure (kPa)	Full Load Energy Rate	Full Load Energy Rate Units	Schedule
Primary	VRV Indoor Fan	0.1	6.3	kW	Tese_Perfil de Funcionament
Secondary	None	0	0	kW/Cfm	Available (100%)
Return	None	0	0	kW/Cfm	Available (100%)
System exhaust	None	0	0	kW/Cfm	Available (100%)
Room exhaust	FC Centrifugal const vol	0.1	2.2	kW	Tese_Perfil de Funcionament
Optional ventilation	FC Centrifugal const vol	0.1	7.5	kW	Tese_Perfil de Funcionament
Auxiliary	None	0	0	kW/Cfm	Available (100%)

Selection Options Dedicated OA Temp/Humidity **Fans** Coils Schematic

Figura 5.5 - Definição das potências de ventilação

Create Plants

Alternative 1

Cooling plant: Piso: 0

Equipment tag: Air-cooled chiller - 002

Equipment category: Air-cooled unitary

Equipment type: VRF Heat Pump

Sequencing type: Single

Heat rejection

Type: VRV Condensing Unit

Hourly ambient wet bulb offset

Thermal storage

Type: None

Capacity: 0 ton-hr

Schedule: Storage

Apply

Close

New Equip

Copy Equip

Delete Equip

Controls...

Operating mode	Capacity	Energy rate
Cooling	201.60001 kW	3.64 COP
Heat recovery	225 kW	4.18 COP
Tank charging	tons	kW/ton
Tank charging & heat recovery	tons	kW/ton

Pumps	Type	Full load consumption
Primary chilled water	None	0 ft water
Condenser water	None	0 ft water
Heat recovery or aux condenser	None	0 ft water

Configuration **Cooling Equipment** Heating Equipment Base Utility / Misc. Accessory

Figura 5.6 - Definição das potências de aquecimento e de arrefecimento

Na Fig. 5.5, a potência associada à “VRV Indoor fan” é dada pela soma das potências dos ventiladores de todas as unidades interiores VRV, neste caso, corresponde a uma potência de 6,3kW. A potência associada à “Optional ventilation” é de 7,5kW e corresponde à potência do ventilador de insuflação da UTAN. A Potencia associada ao “Room exhaust” é de 2,2kW e corresponde à potência do ventilador de retorno da UTAN.

Na Fig. 5.6, a potência de aquecimento como de arrefecimento é dado pela soma das potências de aquecimento e arrefecimento das unidades exteriores VRV. No caso do aquecimento esta potência será de 225kW enquanto no arrefecimento será de 201,6kW.

Depois de efectuadas as devidas alterações, procedeu-se à simulação estando os resultados, segundo o programa, no Anexo B (Figuras B.3 e B.4) deste relatório. No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se o modelo de simulação e as fichas com os consumos detalhados.

Na Tabela 5.9 estão expostos os novos consumos eléctricos, segundo a simulação, devido a utilização da UTAN com recuperador de calor. Também se expõe os consumos sem aplicação desta medida.

**Tabela 5.9 - Consumos eléctricos antes e depois da aplicação da UTAN com recuperador de calor**

<b>Energia eléctrica consumida em:</b>	<b>Consumos antes [kWh/ano]</b>	<b>Consumos depois [kWh/ano]</b>
Aquecimento	32576	16189
Arrefecimento	62226	55149
Ventilação associada à climatização	20683	32582
Iluminação	84902	84902
Equipamentos	131180	131180
Bomba de água	186	242
Elevadores	5009	5009
Iluminação exterior	2656	2656
Ventilação não associada à climatização	29427	29427
<b>Total</b>	<b>368845</b>	<b>357336</b>

Da Tabela 5.9 se conclui que a aplicação da UTAN com recuperador de calor traduz-se numa redução do consumo de energia ligada ao aquecimento em cerca de 50%<sup>26</sup> e uma redução do consumo de energia ligada ao arrefecimento em cerca de 11%<sup>27</sup>. Na Fig. 5.7 pode-se ver a desagregação dos consumos eléctricos por percentagens.

Da Fig. 5.8 nota-se uma redução das necessidades térmicas de aquecimento que passam de 61609kWh/ano (Capítulo 4.1.2.1) para 37269 kWh/ano (Note-se a redução apreciável das necessidades térmicas de aquecimento – 40%) e um decréscimo das necessidades de arrefecimento que passam de 229376kWh/ano (Capítulo 4.1.2.1) para 222094kWh/ano.

<sup>26</sup> Aquecimento:  $[(-16189+32576)/32576]*100 = 50\%$

<sup>27</sup> Arrefecimento:  $[(62226-55149)/62226]*100 = 11\%$

## Desagregação dos consumos de energia

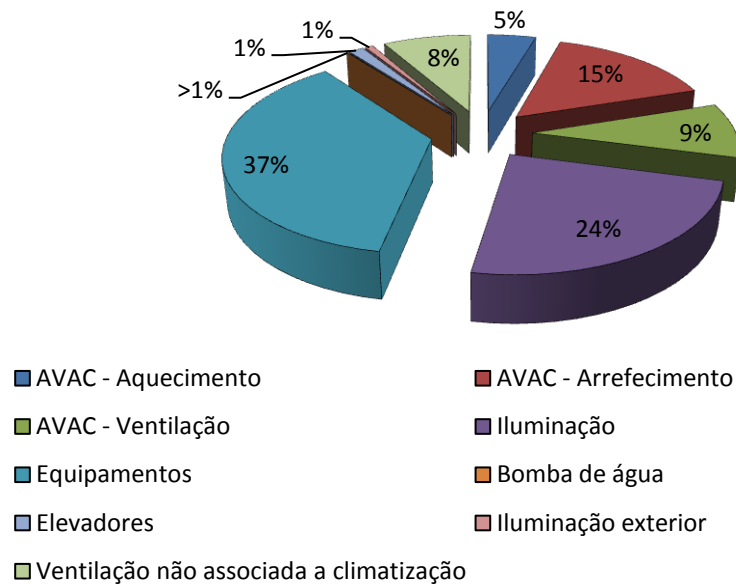


Figura 5.7 - Desagregação dos consumos de energia eléctrica após aplicação da UTAN com recuperador de calor

## Necessidades térmicas

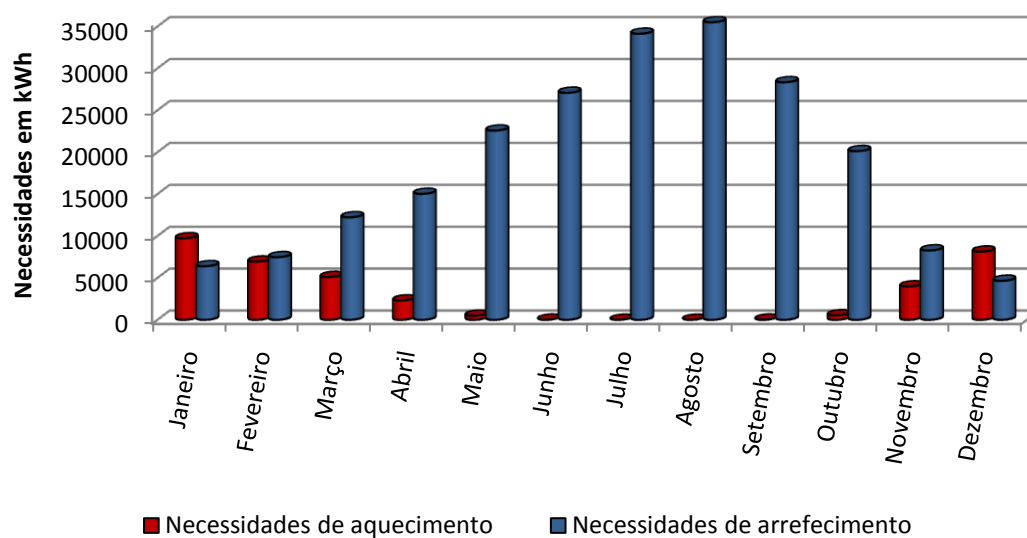


Figura 5.8 - Necessidades térmicas de aquecimento e arrefecimento após aplicação da UTAN com recuperador de calor

***Retorno de investimento:***

No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se o orçamento para a UTAN mais recuperador de calor de fluxos cruzados.

Da Tabela 5.9 sabe-se que o consumo de energia eléctrica reduz de 368845kWh/ano para 357336kWh/ano, isto é, uma redução de 11509kWh/ano. Considerando uma tarifa eléctrica média (horas de super vazio, vazio, cheias e de ponta) de 0,11€/kWh, então, por ano, com a implementação desta medida poupar-se-ia cerca de:

$$Poupança = 11509 \times 0,11 \cong 1266\text{€/ano}$$

Após determinação da poupança anual, passa-se à determinação dos custos aproximados de implementação da medida.

Sabe-se que a UTAN com recuperador de calor de fluxos cruzados tem um preço de 20061,89€.

Das Tabelas 5.5, 5.6 e 5.7 retira-se a área por comprimento total das condutas a ser instaladas, então:

$$\text{Área por comprimento total} = 191,58 + 107,25 + 13,45 + 10,93 \cong 323,21\text{m}^2$$

Considerando um preço de 40€/m<sup>2</sup> para condutas isoladas e revestidas, o preço total das condutas será de 40×323,21 ≈ 12928€.

O retorno é então obtido fazendo o quociente entre o custo total, estimado, de implementação da medida e a poupança obtida:

$$Retorno = \frac{20061,89 + 12928}{1266} \cong 26 \text{ anos}$$

Aplicando esta medida, esta só estaria amortizada ao fim de 26 anos.



### 5.2.3 Películas de protecção solar em simultâneo com a UTAN com recuperador

#### *Descrição da medida:*

Com esta medida pretende-se combinar a aplicação das películas de protecção solar, vista em 5.2.1, com a aplicação da UTAN com recuperador de calor, vista em 5.2.2.

#### *Resultados obtidos em simulação:*

Para simular esta medida aproveitou-se o modelo de simulação real modificado em 5.2.2 e na parte correspondente aos envidraçados, substituiu-se os sombreamentos internos da mesma maneira como foi efectuado em 5.2.1.

Depois de efectuadas as devidas alterações, procedeu-se à simulação estando os resultados, segundo o programa, no Anexo B (Figuras B.5 e B.6) deste relatório. No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se o modelo de simulação e as fichas com os consumos detalhados.

Na Tabela 5.10 estão expostos os novos consumos eléctricos, segundo a simulação, devido a utilização da UTAN com recuperador de calor juntamente com a película de protecção solar. Também se expõe os consumos sem aplicação desta medida.

**Tabela 5.10 - Consumos eléctricos antes e depois da combinação da película mais UTAN com recuperador de calor**

<b>Energia eléctrica consumida em:</b>	<b>Consumos antes [kWh/ano]</b>	<b>Consumos depois [kWh/ano]</b>
Aquecimento	32576	21836
Arrefecimento	62226	33007
Ventilação associada à climatização	20683	31380
Iluminação	84902	84902
Equipamentos	131180	131180
Bomba de água	186	228
Elevadores	5009	5009
Iluminação exterior	2656	2656
Ventilação não associada à climatização	29427	29427
<b>Total</b>	<b>368845</b>	<b>339625</b>

## Desagregação dos consumos de energia

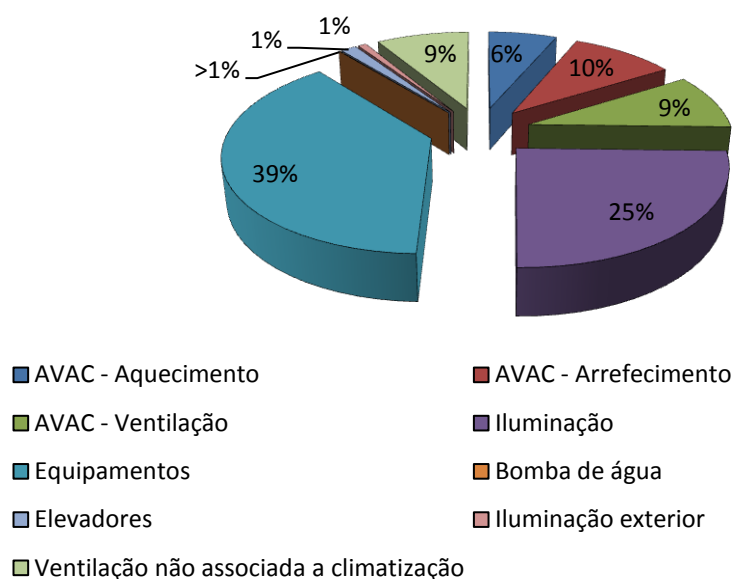


Figura 5.9 - Desagregação dos consumos eléctricos para a medida proposta

## Necessidades térmicas

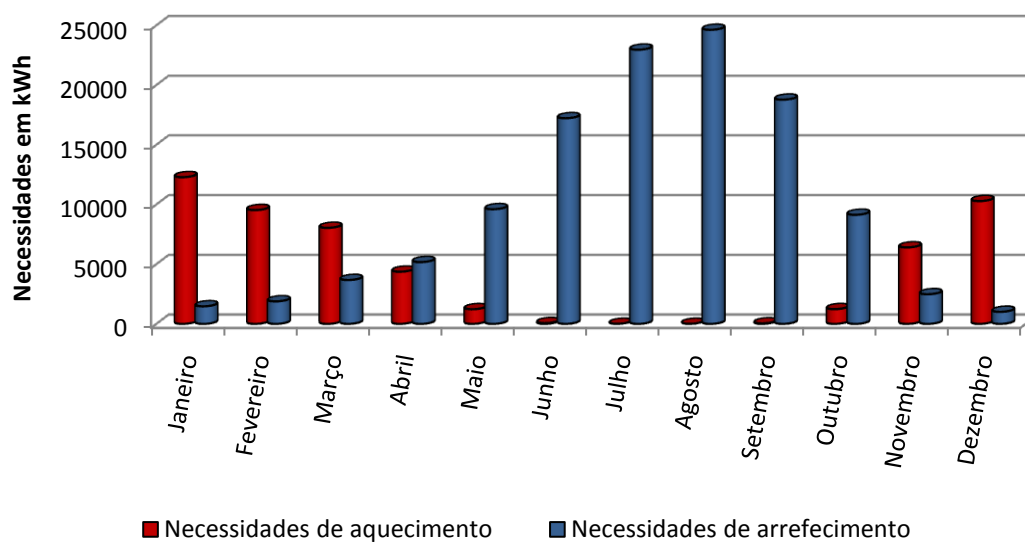


Figura 5.10 - Necessidades de aquecimento e de arrefecimento ao aplicar a medida proposta

Da Tabela 5.10 se conclui que a aplicação da UTAN com recuperador de calor mais a película de protecção solar, traduz-se numa redução do consumo de energia ligada ao aquecimento em cerca de 33%<sup>28</sup> e uma redução do consumo de energia ligada ao arrefecimento em cerca de 47%<sup>29</sup>. Na Fig. 5.9 pode-se ver a desagregação dos consumos eléctricos por percentagens.

Da Fig. 5.10 nota-se uma redução das necessidades térmicas de aquecimento que passam de 61609kWh/ano (Capítulo 4.1.2.1) para 53446 kWh/ano (Note-se a redução apreciável das necessidades térmicas de aquecimento – 13%) e um decréscimo das necessidades de arrefecimento que passam de 229376kWh/ano (Capítulo 4.1.2.1) para 117973kWh/ano (Note-se a redução apreciável das necessidades térmicas de arrefecimento – 48%).

### ***Retorno de investimento:***

Da Tabela 5.10 sabe-se que o consumo de energia eléctrica reduz de 368845kWh/ano para 339625kWh/ano, isto é, uma redução de 29220kWh/ano. Considerando uma tarifa eléctrica média (horas de super vazio, vazio, cheias e de ponta) de 0,11€/kWh, então, por ano, com a implementação desta medida poupar-se-ia cerca de:

$$Poupança = 29220 \times 0,11 \cong 3214,2\text{€/ano}$$

Dos subcapítulos 5.2.1 e 5.2.2 já se conhece os custos, aproximados, de implementação da película de protecção solar e da UTAN com recuperador de calor, então:

$$Retorno = \frac{20061,89 + 12928 + 14000}{3214,2} \cong 14,6 \text{ anos}$$

Aplicando esta medida, esta só estaria amortizada ao fim de 14,6 anos, mas, ao incluir-se o sistema de microgeração fotovoltaico (subcapítulo 5.1) este período de amortização reduz-se para:

$$Retorno_{c/fotovoltaico} = \frac{20061,89 + 12928 + 14000 + 24453,72}{3214,2 + 2357,62} \cong 12,8 \text{ anos}$$

<sup>28</sup> Aquecimento:  $[(-21836+32576)/32576]*100 = 33\%$

<sup>29</sup> Arrefecimento:  $[(62226-33007)/62226]*100 = 47\%$

#### 5.2.4 Classe energética

Neste subcapítulo determina-se as classes energéticas para o edifício em estudo após aplicação de cada uma das medidas de eficiência energética, vistas em 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3.

Para cálculo das classes energéticas segue-se a metodologia utilizada no subcapítulo 4.2.2, o que implica a realização de simulações dinâmicas detalhadas nominais, de modo a se obter o novo  $IEE_{NOMINAL,Ponderado}$  para o edifício em estudo, segundo cada uma das medidas de eficiência energética.

Nas Tabelas 5.11 e 5.12 apresentam-se os consumos eléctricos obtidos nas simulações nominais para cada uma das tipologias (Pequena loja e escritórios), com a aplicação de cada uma das medidas de eficiência energética. No Anexo C (Figuras C.1 a C.6) do presente relatório junta-se as fichas com os consumos eléctricos segundo o software de simulação, TRACE700. No CD que acompanha o relatório de dissertação encontra-se o modelo de simulação e as fichas com os consumos detalhados.

**Tabela 5.11 – Consumos nominais para a pequena loja**

Energia eléctrica consumida pela pequena loja em:	Consumos [kWh/ano]		
	Película de protecção solar	UTAN com recuperador de calor	Película mais UTAN com recuperador de calor
Aquecimento	7086	6550	6563
Arrefecimento	1657	1829	1516
Ventilação associada à climatização	2250	2249	2258
Iluminação	3644	3644	3644
Equipamentos	1467	1467	1467
Bomba de água	169	227	226
<b>Total</b>	<b>16273</b>	<b>15966</b>	<b>15674</b>

**Tabela 5.12 – Consumos nominais para os escritórios**

Energia eléctrica consumida pelos escritórios em:	Consumos [kWh/ano]		
	Película de protecção solar	UTAN com recuperador de calor	Película mais UTAN com recuperador de calor
Aquecimento	68260	23061	31079
Arrefecimento	22672	39640	19084
Ventilação associada à climatização	23272	41538	40454
Iluminação	80249	80249	80249
Equipamentos	97892	97892	97892
Bomba de água	316	196	178
Elevadores	4994	4994	4994
Iluminação exterior <sup>30</sup>	-	-	-
Ventilação não associada à climatização	23363	23369	23369
<b>Total</b>	<b>321024</b>	<b>310939</b>	<b>297299</b>

Consumos anuais de energia eléctrica para a iluminação exterior:

$$0,750\text{kW} \times 5400\text{h/ano} = 4050\text{kWh/ano}$$

No software de simulação detalhada, TRACE700, não é possível obter a desagregação dos consumos dos ventiladores e bombas por aquecimento e arrefecimento. Assim sendo, para desagregar os consumos correspondentes a estes equipamentos, foi efectuada uma repartição proporcional às necessidades de aquecimento e arrefecimento encontradas nas simulações nominais para cada tipologia (E.26; Manual “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE).

<sup>30</sup> A iluminação exterior não foi considerada na simulação nominal. Foi considerada à parte e entra directamente para o  $Q_{OUT}$  aquando da determinação do IEE para os escritórios. Assim é, devido à legislação estabelecer um número de horas de funcionamento para este equipamento, correspondente a 5400h por ano (Iluminação exterior; Tabela - Perfis constantes; DL79/2006; p.2457).

Tabela 5.13 – Necessidades de aquecimento e arrefecimento

Medida	Tipologia	Necessidades [kWh/ano]	
		Aquecimento (%)	Arrefecimento (%)
<b>Película de protecção solar</b>	Pequena loja	7086 (81)	1657 (19)
	Escritórios	68260 (75)	22672 (25)
<b>UTAN com recuperador de calor</b>	Pequena loja	6550 (78)	1829 (22)
	Escritórios	23061 (37)	39640 (63)
<b>Película mais UTAN com recuperador de calor</b>	Pequena loja	6563 (81)	1516 (19)
	Escritórios	31079 (62)	19084 (38)

Na Tabela 5.13 estão apresentadas as proporções (%) das necessidades de aquecimento e arrefecimento para a pequena loja e escritórios. Das Tabelas 5.11 e 5.12 sabe-se os consumos das bombas e ventiladores associados ao aquecimento e arrefecimento. Com estes dados, na Tabela 5.14 expõem-se os consumos desagregados.

Tabela 5.14 – Desagregação por aquecimento e arrefecimento das bombas e ventiladores

Medida	Tipologia	Desagregação dos consumos das bombas e ventiladores [kWh/ano]	
		Aquecimento	Arrefecimento
<b>Película de protecção solar</b>	Pequena loja	$2419 \times 0,81 \approx 1959$	$2419 \times 0,19 \approx 460$
	Escritórios	$23588 \times 0,75 \approx 17691$	$23588 \times 0,25 \approx 5897$
<b>UTAN com recuperador de calor</b>	Pequena loja	$2476 \times 0,78 \approx 1931$	$2476 \times 0,22 \approx 545$
	Escritórios	$41734 \times 0,37 \approx 15442$	$41734 \times 0,63 \approx 26292$
<b>Película mais UTAN com recuperador de calor</b>	Pequena loja	$2484 \times 0,81 \approx 2012$	$2484 \times 0,19 \approx 472$
	Escritórios	$40632 \times 0,62 \approx 25192$	$40632 \times 0,38 \approx 15440$

Com os consumos completamente desagregados resta apenas separar por  $Q_{AQ}$ ,  $Q_{ARR}$  e  $Q_{OUT}$ . Na Tabela 5.15 encontram-se os consumos devidamente repartidos por tipologia, segundo cada medida de eficiência energética. É de se notar que foi considerada a contribuição do sistema de microgeração fotovoltaico, abordado no subcapítulo 5.1, de 5018kWh/ano que será subtraída na parcela  $Q_{OUT}$  dos escritórios (E.23; Manual “Perguntas e respostas sobre o RSECE-Energia” de Novembro de 2008; ADENE)

**Tabela 5.15 -  $Q_{AQ}$ ,  $Q_{ARR}$  e  $Q_{OUT}$**

Medida	Tipologia	$Q_{AQ}$ [kWh/ano]	$Q_{ARR}$ [kWh/ano]	$Q_{OUT}$ [kWh/ano]
<b>Película de protecção solar</b>	Pequena loja	9045	2117	5111
	Escritórios	85951	28569	210554 – 5018 = <b>205536</b>
<b>UTAN com recuperador de calor</b>	Pequena loja	8481	2374	5111
	Escritórios	38503	65932	210554 – 5018 = <b>205536</b>
<b>Película mais UTAN com recuperador de calor</b>	Pequena loja	8575	1988	5111
	Escritórios	56271	34524	210554 – 5018 = <b>205536</b>

Por fim, devido à existência de pontes térmicas lineares, torna-se necessário majorar o consumo de energia de aquecimento em 5%, como visto anteriormente no subcapítulo 2.2.2.7. Na Tabela 5.16 apresenta-se os valores  $Q_{AQ}$  corrigidos para as tipologias em causa.

**Tabela 5.16 -  $Q_{AQ}$  corrigido**

Medida	Tipologia	$Q_{AQ}$ [kWh/ano]
<b>Película de protecção solar</b>	Pequena loja	9497
	Escritórios	90248
<b>UTAN com recuperador de calor</b>	Pequena loja	8905
	Escritórios	40428
<b>Película mais UTAN com recuperador de calor</b>	Pequena loja	9004
	Escritórios	59084

Na Tabela 5.17 encontram-se condensados os dados necessários para determinar o  $IEE_{NOMINAL}$  para a pequena loja e os escritórios, estes valores já estão calculados no subcapítulo 4.2.1 e mantém-se constantes mesmo com a implementação das medidas.

**Tabela 5.17 – Dados para pequena loja e escritórios**

Tipologia	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	$F_{CI}$	$F_{CV}$	Factor de conversão de energia primária
Pequena loja	100	0,705	0,889	0,290
Escritórios	2391	0,708	0,889	0,290

Com os dados das Tabelas 5.15, 5.16 e 5.17, seguindo a metodologia de cálculo para o IEE publicada no Anexo IX do RSECE, já tratada em 4.2.1, na Tabela 5.18 está calculado o  $IEE_{NOMINAL}$  para cada tipologia, segundo cada medida de eficiência energética.

**Tabela 5.18 -  $IEE_{NOMINAL}$  por tipologia segundo as medidas de eficiência energética**

Medida	Tipologia	$IEE_{NOMINAL}$ [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
Película de protecção solar	Pequena loja	39,7
	Escritórios	35,8
UTAN com recuperador de calor	Pequena loja	39,2
	Escritórios	35,5
Película mais UTAN com recuperador de calor	Pequena loja	38,4
	Escritórios	33,7

Em relação ao  $IEE_{ARMAZÉM}$ , devido às variáveis envolvidas no cálculo deste indicador manterem-se constantes, apesar da aplicação das medidas de eficiência energética, então, do subcapítulo 4.2.1.4 sabe-se que:

$$IEE_{ARMAZÉM} = 15,6 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$A_{p,Armazém} = 267,1 \text{ m}^2$$

Com os indicadores calculados por tipologia torna-se então possível encontrar um  $IEE_{NOMINAL,Ponderado}$  segundo as medidas de eficiência energética. Das Tabelas 5.17 e 5.18 mais o  $IEE_{ARMAZÉM}$ , na Tabela 5.19, estão apresentados os valores para o  $IEE_{NOMINAL,Ponderado}$  segundo cada medida de eficiência energética.

**Tabela 5.19 -  $IEE_{NOMINAL,Ponderado}$  por segundo cada medida de eficiência energética**

Medida de eficiência energética	$IEE_{NOMINAL,Ponderado}$ [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
Película de protecção solar	33,9
UTAN com recuperador de calor	33,7
Película mais UTAN com recuperador de calor	32,1

em que:

$$IEE_{Nominal,Ponderado} = \frac{IEE_{Nominal,Peq.Loja} \times A_{p,Peq.Loja} + IEE_{Nominal,Escritórios} \times A_{p,Escritórios} + IEE_{Armazém} \times A_{p,Armazém}}{A_{p,Escritórios} + A_{p,PequenaLoja} + A_{p,Armazém}}$$



Para determinar a classe energética alcançada pelo edifício após aplicação de cada medida de eficiência, do subcapítulo 4.2.2 conhece-se:

Tabela 5.20 – Valores de referência

Tipologia	IEE <sub>REF,Novos</sub> [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	S [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	Ap [m <sup>2</sup> ]
Pequena loja	35	26	100
Escritórios	35	15	2391
Armazém	15	5	267,1

Com os dados da Tabela 5.20, pondera-se o IEE<sub>REF,Novos</sub> e S:

- IEE<sub>REF,Novos\_Ponderado</sub>:

$$IEE_{Ref,Novos\ Ponderado} = \frac{IEE_{Ref,NovosPeq. Loja} \times A_{p,Peq. Loja} + IEE_{Ref,NovosEscritórios} \times A_{p,Escritórios} + IEE_{Ref,NovosArmazém} \times A_{p,Armazém}}{A_{p,Escritórios} + A_{p,PequenaLoja} + A_{p,Armazém}} \Leftrightarrow$$

$$IEE_{Ref,Novos\_Ponderado} = \frac{35 \times 100 + 35 \times 2391 + 15 \times 267,1}{2391 + 100 + 267,1} \cong 33,1 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

- S<sub>Ponderado</sub>:

$$S_{Ponderado} = \frac{S_{Peq. Loja} \times A_{p,Peq. Loja} + S_{Escritórios} \times A_{p,Escritórios} + S_{Armazém} \times A_{p,Armazém}}{A_{p,Escritórios} + A_{p,PequenaLoja} + A_{p,Armazém}} \Leftrightarrow$$

$$S_{Ponderado} = \frac{26 \times 100 + 15 \times 2391 + 5 \times 267,1}{2391 + 100 + 267,1} \cong 14,4 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

**Classe energética:**

Mediante os valores da Tabela 5.19, IEE<sub>REF,Novos\_Ponderado</sub> e S<sub>Ponderado</sub>, na Tabela 5.21 estão determinadas as classes energéticas obtidas para o edifício, segundo cada medida de eficiência energética:

Tabela 5.21 – Classe energética segundo cada medida de eficiência energética

Medida de eficiência energética	Condição aplicável (Ver figura 4.11)	Classe energética
Película de protecção solar	IEE <sub>REF,NOVOS</sub> < IEE <sub>NOMINAL</sub> ≤ IEE <sub>REF,NOVOS</sub> + 0,5×S	C
UTAN com recuperador de calor	IEE <sub>REF,NOVOS</sub> < IEE <sub>NOMINAL</sub> ≤ IEE <sub>REF,NOVOS</sub> + 0,5×S	C
Película mais UTAN com recuperador de calor	IEE <sub>REF,NOVOS</sub> - 0,25×S < IEE <sub>NOMINAL</sub> ≤ IEE <sub>REF,NOVOS</sub>	B-



# Capítulo 6

## *Conclusões*



## 6. Conclusões

Com este trabalho existem, para o edifício em estudo, algumas vertentes sobre as quais se pode retirar conclusões. Vertentes, estas, relacionadas com as etapas de modelação do edifício em estudo no software de simulação detalhada, a simulação propriamente dita, os resultados obtidos nas simulações efectuadas, a classificação energética obtida pelo edifício e, por fim, as medidas de eficiência energética e seus impactes no comportamento do energético do edifício.

A etapa da criação do modelo do edifício para simulação dinâmica detalhada é, naturalmente, a “pedra basilar” de todo o trabalho realizado. Isto implica que haja um cuidado redobrado aquando da sua criação, dado que, a qualidade do produto da simulação depende directamente da qualidade do modelo criado. No caso da modelação do edifício de serviços em estudo, foram encontradas algumas dificuldades que foram ultrapassadas recorrendo a estimativas/considerações baseadas em recomendações por entidades competentes (por exemplo: ADENE, ASHRAE, etc.). Estas dificuldades prenderam-se, essencialmente, com falta de informação (por exemplo: constituição da envolvente, consumos eléctricos de alguns equipamentos, etc.) e limitações funcionais do programa de simulação detalhada, TRACE700 (por exemplo: impossibilidade definir pontes térmicas lineares). Recorrer a estimativas/considerações, mesmo com base em fontes credíveis, não é o ideal, contribuindo para que o modelo do edifício se afaste do edifício real, embora não muito, visto que na simulação real a diferença entre a factura eléctrica e os consumos obtidos por simulação não foi além dos 6,52% (subcapítulo 4.1.2.1).

A etapa da simulação englobou duas partes. Na primeira parte simulou-se (“simulação real”) o modelo com base em pressupostos reais de funcionamento/utilização com o objectivo de calibrar o modelo criado e perceber como se comporta o edifício a nível térmico. Com a calibração conseguiu-se afinar o modelo de maneira a que a diferença entre a factura eléctrica e os resultados obtidos pelo modelo, com base em pressupostos reais, fosse menor que 10% (obtido: 6,52%). O ideal seria uma diferença nula (0%) ou mais próximo possível mas, isto implicaria que o modelo de simulação descreve-se a realidade (edifício em estudo) a 100% ou muito próximo o que se revela ser, naturalmente, uma impossibilidade, dado que os modelos de simulação são uma razoável aproximação da realidade, se a isto juntar-se as dificuldades, mencionadas anteriormente, conclui-se que o erro obtido na simulação real é relativamente bom e, que, não existem modelos/simulações perfeitas. Após o modelo se encontrar calibrado foi possível compreender quais os elementos que mais contribuem para as cargas térmicas e, consequentemente, para a factura energética. Concluiu-se que para o edifício em estudo, as cargas térmicas internas são dominadas pelas cargas térmicas com origem na iluminação e nos equipamentos presentes (juntos perfazem 59% do consumo total de energia eléctrica do edifício). Estes ganhos internos, junto com os ganhos solares pelos envidraçados e os ganhos derivados à ocupação do edifício, fazem com que as necessidades térmicas de arrefecimento sejam de 78,8% do total das necessidades térmicas, traduzindo-se, naturalmente, num consumo eléctrico, pelo sistema AVAC, para arrefecimento superior. Concluiu-se, também, que em comparação com os consumos mais expressivos (iluminação, equipamentos e AVAC) os restantes consumos não são muito significantes (elevadores, iluminação exterior, etc.) com a excepção da ventilação não associada à climatização (8%).

Na segunda parte (“simulação nominal”) tratou-se da verificação do requisito legal. Baseado em pressupostos de referência, o índice de eficiência energética nominal ( $IEE_{NOMINAL}$ ) tem

que ser inferior a um indicador de eficiência energética de referência ( $IEE_{\text{REFERÊNCIA}}$ ). Concluiu-se que  $IEE_{\text{NOMINAL}} < IEE_{\text{REFERÊNCIA}}$  ( $35,5 < 38,8$  [kgep/m<sup>2</sup>.ano]) para o edifício em estudo, como tal, este fica isento de um plano de racionalização energética formal (PRE).

Seguindo as metodologias para determinação da classe energética do edifício, concluiu-se que este obtinha a classificação C. A obtenção desta classe indica que, apesar de ser um edifício já existente e com alguma idade, é relativamente eficiente. A classe C também nos indica que o edifício em estudo terá, potencialmente, um consumo energético até 50% a mais que um edifício de referência, com classe B- (E.3; Manual “Perguntas e respostas sobre o SCE” de Março de 2009; ADENE).

Pese embora o facto de que o edifício em estudo esteja dispensado de um PRE formal, entendeu-se que seria interessante propor medidas com intuito de melhorar a eficiência energética do edifício.

A primeira medida proposta passa por aproveitar a fachada orientada a sul do edifício de escritórios, para produção de energia eléctrica recorrendo a fontes renováveis de energia, mais precisamente, uma solução de microgeração fotovoltaico. Esta medida permite melhorar a classe energética do edifício e, após o período de amortização do investimento, constituir uma fonte de receita para o proprietário, amiga do ambiente. O período de amortização do investimento para o sistema proposto é relativamente razoável (10,3 anos), no entanto, caso fosse, ou venha futuramente a ser, possível instalar colectores solares térmicos, o período de amortização poderia ser reduzido em dois anos, para 8,4 anos.

A segunda medida proposta passa por aplicar uma película selectiva em todos os envidraçados dos escritórios/openspaces. Esta película, de protecção solar, reduz os ganhos solares através dos envidraçados. Após simulação da implementação desta medida comprovou-se, efectivamente, uma redução nas necessidades térmicas de arrefecimento da ordem dos 44,7%, concluindo-se que, para além dos ganhos referentes à iluminação e equipamentos, os ganhos solares também são um factor de peso, o que é natural dado que a envolvente do edifício possui grandes vãos envidraçados (Sul, Oeste e Este). Também se constatou um ligeiro aumento das necessidades térmicas de aquecimento, em especial, no inverno. A aplicação desta medida, segundo a simulação, traduz-se numa redução dos consumos eléctricos em 10678kWh/ano (cerca de 3%) e o tempo de amortização é de aproximadamente 12 anos, tornando esta medida pouco atractiva se aplicada isoladamente.

A terceira medida passa por substituir os actuais sistemas de UTAN (que não possuem sistema de recuperação de calor) por uma única UTAN, com recuperador de calor, a ser instalada na cobertura do edifício. Após simulação desta medida constatou-se que havia uma apreciável redução das necessidades térmicas de aquecimento em cerca de 40% e, também, uma redução nas necessidades de arrefecimento embora não tão expressivas. A aplicação desta medida traduz-se, segundo a simulação efectuada, numa redução dos consumos eléctricos em 11509 kWh/ano (cerca de 3%). Com um tempo de amortização de 26 anos esta medida é inviável, mas, como se pode constatar, ao combinar esta medida com a medida das películas de protecção solar obtiveram-se resultados interessantes.

A quarta medida passa por combinar a 2ª e a 3ª medida de forma a aproveitar o que de melhor cada uma delas possui. Ao simular-se esta quarta medida constatou-se uma apreciável redução, tanto para as necessidades de aquecimento como para as de arrefecimento, de 13% e 48% respectivamente. Esta medida traduziu-se numa redução dos consumos eléctricos, segundo a simulação, em 29220kWh/ano (cerca de 8%). Com um período de amortização de 14,6 anos esta medida não é muito apelativa, mas, se a esta medida se associar o sistema de

microgeração fotovoltaico (visto no subcapítulo 5.1) o período de amortização se reduz para 12,8 anos, um período de amortização relativamente aceitável.

Das medidas mencionadas anteriormente, apenas a medida que combina a aplicação da película selectiva (protecção solar) com a UTAN mais recuperador de calor e sistema de microgeração fotovoltaico se revela ser a mais interessante pois, embora possua um período de amortização de 12,8 anos, é a única medida que faz subir a classe energética do edifício, de C para B-, tornando o edifício em estudo bem mais eficiente do que é sem a aplicação da medida de eficiência energética. Não esquecendo a fonte de receita obtida findo o período de amortização do investimento, devido ao sistema de microgeração fotovoltaico apresentado.

Finalizando, resta dizer que o período de realização deste trabalho foi, para mim, muito construtivo, não só pelo trabalho em si, mas por tudo aquilo que ele me proporcionou, desde a aquisição de novos conhecimentos e competências (especialmente no contacto com o software de simulação detalhada TRACE700), até ao aperfeiçoamento e melhor compreensão dos que já possuía, passando também pela procura de soluções para todos os problemas levantados ao longo da realização desta dissertação. Foi uma experiência muito relevante e enriquecedora para a minha vida académica e, também, pessoal, a qual não poderia deixar de mencionar ao concluir este trabalho.





## **Referências Bibliográficas**



## 7. Referências bibliográficas

- **2005 ASHRAE: Handbook – Fundamentals**; American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers; Atlanta, 2005.
- **2007 ASHRAE: Handbook – HVAC Applications**; American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers; Atlanta, 2007.
- **2008 ASHRAE: Handbook – HVAC Systems and Equipment**; American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers; Atlanta, 2008.
- **2009 ASHRAE: Handbook – Fundamentals**; American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers; Atlanta, 2009.
- **Agência para a Energia (ADENE)**; “<http://www.adene.pt>”.
- **C. A. P. d. Santos**; L. Matias; Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios – ITE50; Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Lisboa; 2006.
- **Direcção Geral de Energia e Geologia**; “<http://www.dgge.pt>”.
- **Elevadores OTIS**; “[http://www.aobr.on.com.br/Rac\\_Energia/Internet\\_Pages/PlanilhaCalc.asp](http://www.aobr.on.com.br/Rac_Energia/Internet_Pages/PlanilhaCalc.asp)”.
- **Heating and Cooling with a Heatpump**; Natural Resources Canada; ISBN 0-662-37827-X; 2004.
- **Instituto Nacional de Estatística**; “<http://www.ine.pt>”.
- **L. Roriz**; Climatização – Conceção, Instalação e Condução de Sistemas; 2ª Edição; Edições Orion; Amadora; 2007.
- **Nota Técnica NT-SCE-01**; Agência para a Energia (ADENE); Abril de 2009.
- **Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)**; Decreto-Lei N.º79/2006 de 4 de Abril.
- **Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)**; Decreto-Lei N.º80/2006 de 4 de Abril.
- **Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE)**; Decreto-Lei N.º78/2006 de 4 de Abril.
- **Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE)**; Despacho N.º10250/2008.
- **Perguntas e Respostas sobre o SCE**; Agência para a Energia (ADENE); Março de 2009.
- **Perguntas e Respostas sobre o RSECE**; Agência para a Energia (ADENE); Novembro de 2008.
- **Perguntas e Respostas sobre o RCCTE**; Agência para a Energia (ADENE); Novembro de 2009.
- **Temperaturas Exteriores de Projecto e Números de Graus-Dia**; Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) & Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC); Lisboa; 1989.
- **TRACE700 User’s Manual**; Version 6; TRANE; American Standard; 2006.

- **“Decreto-Lei N.º 225/2007 de 31 de Maio”.**
- **“Decreto-Lei N.º 363/2007 de 2 de Novembro”.**
- **“<http://www.troquedeenergia.com>”.**
- **“<http://www.fronius.com>”.**
- **“<http://www.ciat.fr>”.**
- **“<http://global.kyocera.com>”.**

# **Anexos**

Anexo A – Fichas TRACE700: Simulação real mais necessidades térmicas e simulação nominal

Anexo B – Implementação das medidas de eficiência energética (Resultados, Fichas TRACE700)

Anexo C – Implementação das medidas, simulações nominais (Resultados, Fichas TRACE700)



## Anexo A – Fichas TRACE700: Simulação real mais necessidades térmicas e simulação nominal

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY				
By Trane				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	27,596	7.5 %	94,187	82,798
Other Htg Accessories	4,980	1.4 %	16,996	14,941
<b>Heating Subtotal</b>	<b>32,576</b>	<b>8.8 %</b>	<b>111,183</b>	<b>97,739</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	46,669	12.7 %	159,280	140,020
Tower/Cond Fans	8,547	2.3 %	29,172	25,645
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	7,010	1.9 %	23,925	21,032
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>62,226</b>	<b>16.9 %</b>	<b>212,377</b>	<b>186,697</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	43,530	11.8 %	148,569	130,604
Pumps	186	0.1 %	634	558
Stand-alone Base Utilities	14,244	3.9 %	48,614	42,736
Aux Subtotal....	57,960	15.7 %	197,818	173,898
<b>Lighting</b>				
Lighting	84,902	23.0 %	289,770	254,731
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	131,180	35.6 %	447,719	393,580
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>368,845</b>	<b>100.0 %</b>	<b>1,258,867</b>	<b>1,106,645</b>

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.  
 \*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Ficheiro TRACE Final - REAL\edf B real.trc  
 TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 07:11 PM on 01/12/2010  
 Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

Figura A.1 – Resultados TRACE700, Simulação Real, Edifício B

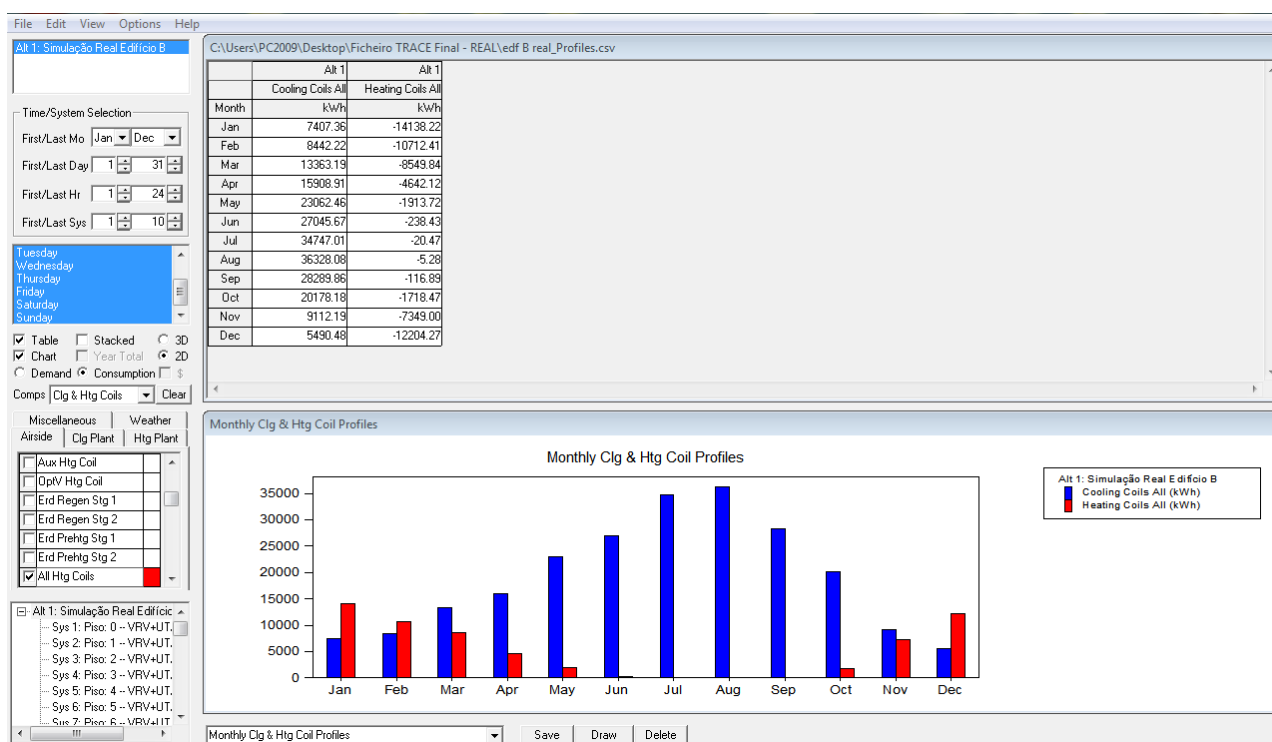


Figura A.2 – Resultados TRACE700, Necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento, Edifício B

<div>ENERGY CONSUMPTION SUMMARY</div> <div>By Trane</div>				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	43,534	13.3 %	148,581	130,615
Other Htg Accessories	7,210	2.2 %	24,609	21,633
<b>Heating Subtotal</b>	<b>50,744</b>	<b>15.5 %</b>	<b>173,190</b>	<b>152,248</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	29,188	8.9 %	99,620	87,574
Tower/Cond Fans	9,911	3.0 %	33,828	29,737
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	5,854	1.8 %	19,981	17,565
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>44,954</b>	<b>13.8 %</b>	<b>153,429</b>	<b>134,876</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	38,496	11.8 %	131,386	115,499
Pumps	316	0.1 %	1,079	949
Stand-alone Base Utilities	14,203	4.4 %	48,476	42,615
Aux Subtotal....	53,015	16.2 %	180,941	159,062
<b>Lighting</b>				
Lighting	80,249	24.6 %	273,890	240,772
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	97,892	30.0 %	334,107	293,707
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>326,855</b>	<b>100.0 %</b>	<b>1,115,557</b>	<b>980,664</b>

Figura A.3 – Resultados TRACE700, Simulação Nominal, Edifício B, Escritórios

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\IPC2009\Desktop\Simulações nominais - Finais\IEE - Edif B - Nominal\PT - Edif B - Coimbra - nom.trc  
Dataset Name: C:\Users\IPC2009\Desktop\Simulações nominais - Finais\IEE - Edif B - Nominal\PT - Edif B - Coimbra - nom.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 04:49 PM on 12/11/2009  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

<div>ENERGY CONSUMPTION SUMMARY</div> <div>By Trane</div>				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	1,492	9.0 %	5,092	4,476
Other Htg Accessories	5,586	33.7 %	19,066	16,760
<b>Heating Subtotal</b>	<b>7,078</b>	<b>42.7 %</b>	<b>24,157</b>	<b>21,236</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	997	6.0 %	3,403	2,991
Tower/Cond Fans	535	3.2 %	1,826	1,606
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	434	2.6 %	1,480	1,301
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>1,966</b>	<b>11.9 %</b>	<b>6,709</b>	<b>5,898</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	2,243	13.5 %	7,655	6,730
Pumps	169	1.0 %	576	506
Stand-alone Base Utilities		0.0 %	0	0
Aux Subtotal....	2,412	14.6 %	8,231	7,236
<b>Lighting</b>				
Lighting	3,644	22.0 %	12,438	10,934
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	1,467	8.9 %	5,007	4,401
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>16,567</b>	<b>100.0 %</b>	<b>56,543</b>	<b>49,706</b>

Figura A.4 – Resultados TRACE700, Simulação Nominal, Edifício B, Pequena Loja

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\IPC2009\Desktop\Simulações nominais - Finais\IEE - Loja - Nominal\Loja - Nominal.trc  
Dataset Name: C:\Users\IPC2009\Desktop\Simulações nominais - Finais\IEE - Loja - Nominal\Loja - Nominal.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 06:11 PM on 12/10/2009  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1



## Anexo B – Implementação das medidas de eficiência energética (Resultados, Fichas TRACE700)

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY				
By Trane				
	Elect Cons., (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	41,506	11.6 %	141,659	124,530
Other Htg Accessories	6,037	1.7 %	20,605	18,114
<b>Heating Subtotal</b>	<b>47,543</b>	<b>13.3 %</b>	<b>162,264</b>	<b>142,643</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	26,801	7.5 %	91,473	80,412
Tower/Cond Fans	6,881	1.9 %	23,486	20,646
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	4,146	1.2 %	14,151	12,440
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>37,829</b>	<b>10.6 %</b>	<b>129,109</b>	<b>113,497</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	42,284	11.8 %	144,314	126,864
Pumps	186	0.1 %	634	558
Stand-alone Base Utilities	14,244	4.0 %	48,614	42,736
Aux Subtotal....	56,713	15.8 %	193,563	170,157
<b>Lighting</b>				
Lighting	84,902	23.7 %	289,770	254,731
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	131,180	36.6 %	447,719	393,580
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>358,167</b>	<b>100.0 %</b>	<b>1,222,425</b>	<b>1,074,610</b>

Figura B.1 – Resultados TRACE700, Implementação de medidas, Edifício B, Película Solar

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Implementação de medidas\Película protecção solar\edf B real\_Medida Película.trc  
Dataset Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Implementação de medidas\Película protecção solar\edf B real\_Medida Película.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 10:23 AM on 01/20/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

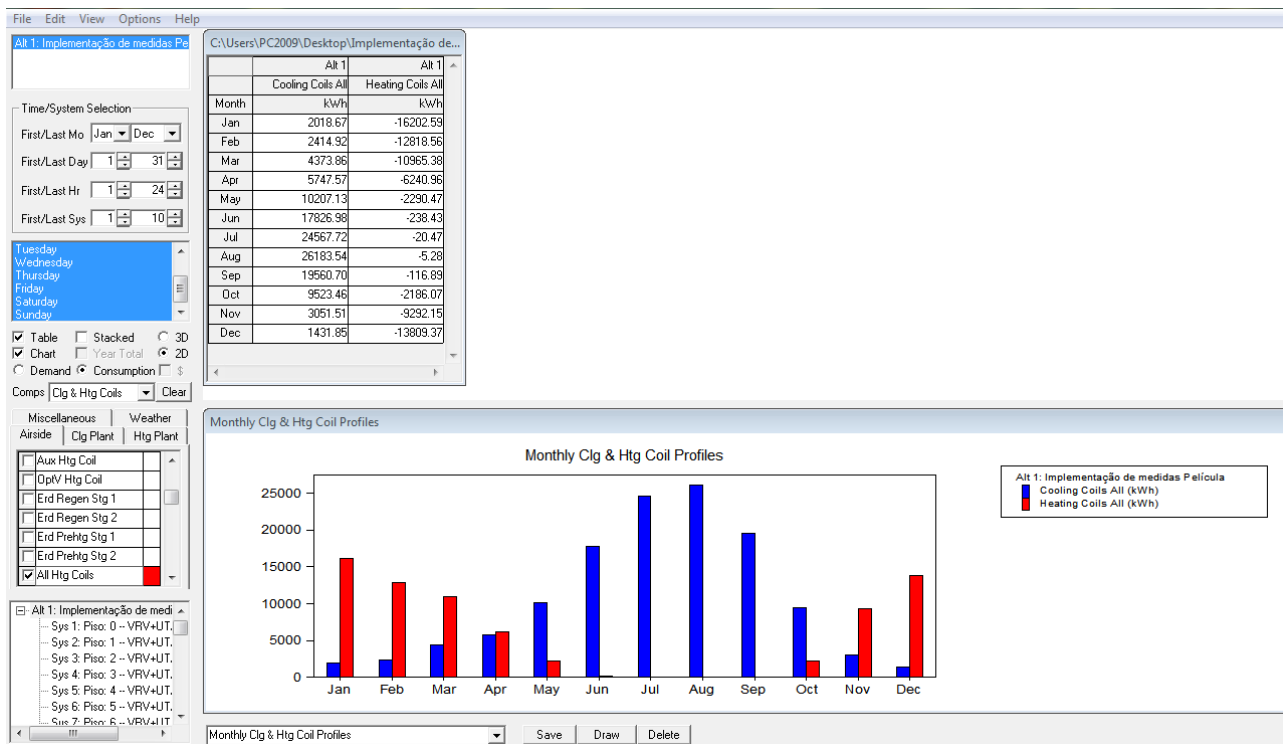


Figura B.2 – Resultados TRACE700, Necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento, Edifício B, Medida - Película

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY				
By Trane				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	13,098	3.7 %	44,703	39,298
Other Htg Accessories	3,091	0.9 %	10,550	9,274
<b>Heating Subtotal</b>	<b>16,189</b>	<b>4.5 %</b>	<b>55,253</b>	<b>48,572</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	45,788	12.8 %	156,274	137,378
Tower/Cond Fans	8,277	2.3 %	28,251	24,835
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	1,083	0.3 %	3,697	3,250
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>55,149</b>	<b>15.4 %</b>	<b>188,223</b>	<b>165,463</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	55,430	15.5 %	189,184	166,308
Pumps	242	0.1 %	825	725
Stand-alone Base Utilities	14,244	4.0 %	48,614	42,736
<b>Aux Subtotal....</b>	<b>69,916</b>	<b>19.6 %</b>	<b>238,624</b>	<b>209,769</b>
<b>Lighting</b>				
Lighting	84,902	23.8 %	289,770	254,731
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	131,180	36.7 %	447,719	393,580
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>357,336</b>	<b>100.0 %</b>	<b>1,219,589</b>	<b>1,072,116</b>

Figura B.3 – Resultados TRACE700, Implementação de medidas, Edifício B, UTAN com Recuperador de calor

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Implementação de medidas\Uma única UTA com recuperador placas\_FCruzado\edf B real\_Medida UTA.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 11:53 AM on 01/26/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

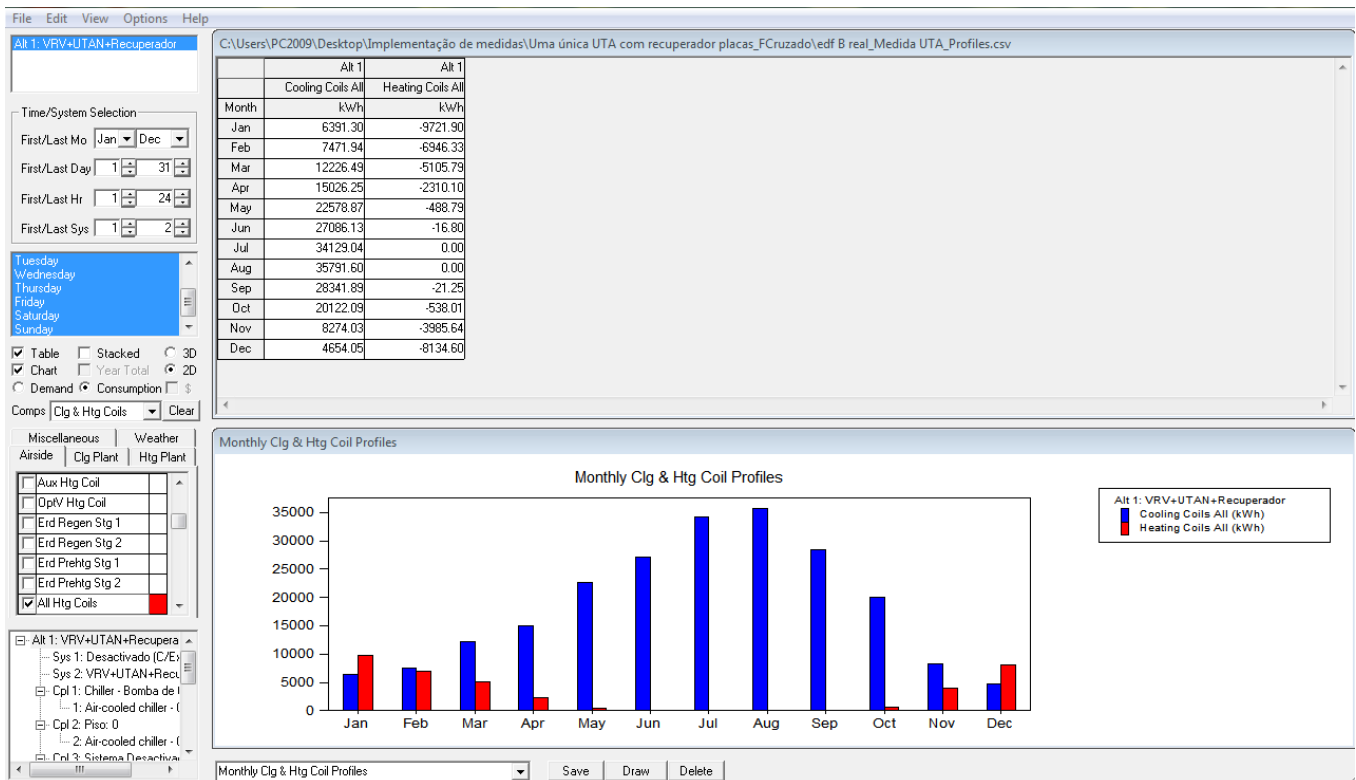


Figura B.4 – Resultados TRACE700, Necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento, Edifício B, Medida – UTAN com Recuperador de Calor

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY				
By Trane				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	18,434	5.4 %	62,916	55,308
Other Htg Accessories	3,401	1.0 %	11,609	10,205
<b>Heating Subtotal</b>	<b>21,836</b>	<b>6.4 %</b>	<b>74,525</b>	<b>65,514</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	25,384	7.5 %	86,635	76,159
Tower/Cond Fans	6,843	2.0 %	23,356	20,531
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	780	0.2 %	2,664	2,341
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>33,007</b>	<b>9.7 %</b>	<b>112,654</b>	<b>99,032</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	54,227	16.0 %	185,077	162,697
Pumps	228	0.1 %	779	685
Stand-alone Base Utilities	14,244	4.2 %	48,614	42,736
<b>Aux Subtotal....</b>	<b>68,699</b>	<b>20.2 %</b>	<b>234,470</b>	<b>206,118</b>
<b>Lighting</b>				
Lighting	84,902	25.0 %	289,770	254,731
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	131,180	38.6 %	447,719	393,580
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>339,625</b>	<b>100.0 %</b>	<b>1,159,139</b>	<b>1,018,976</b>

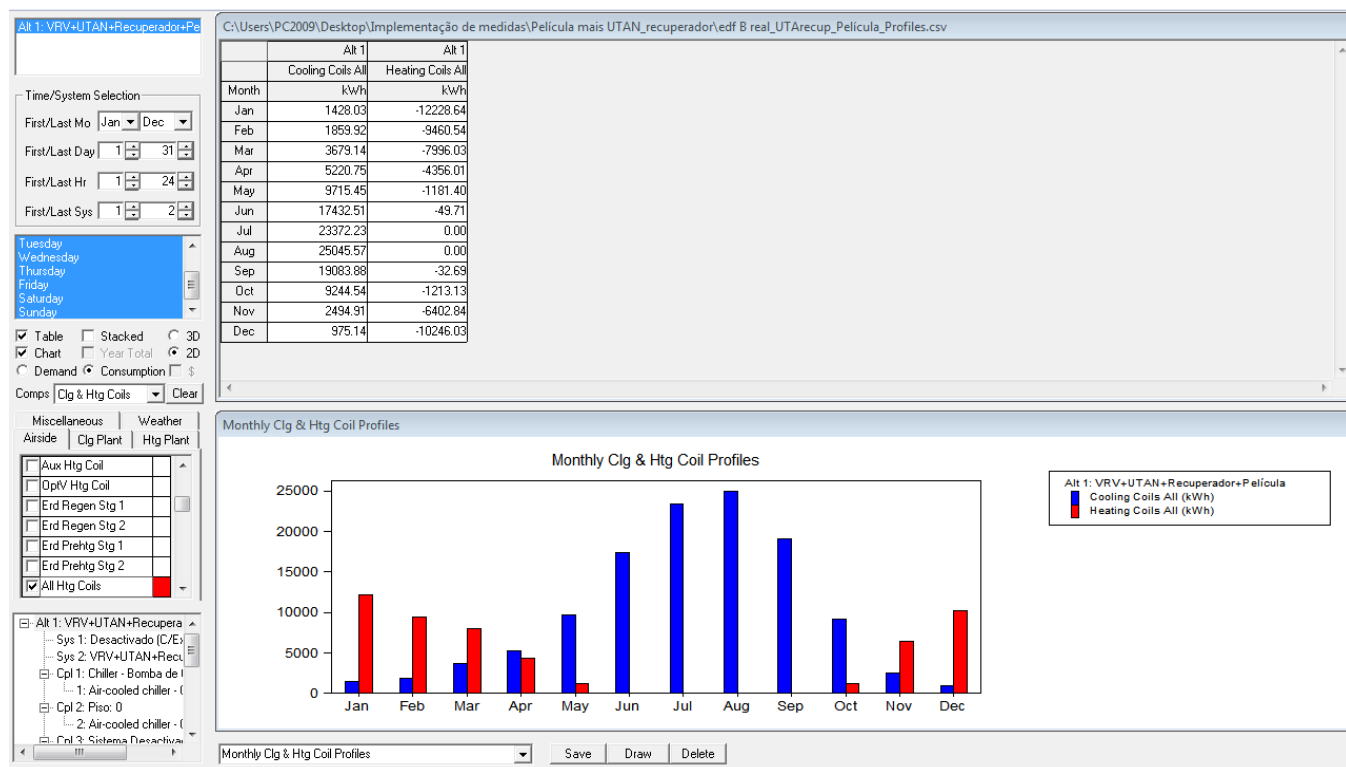
**Figura B.5 – Resultados TRACE700, Implementação de medidas, Edifício B, Película Solar e UTAN com Recuperador**

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Implementação de medidas\Película mais UTAN\_recuperador\edf B  
Dataset Name: real\_UTANrecup\_Película.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 04:45 PM on 01/26/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1



**Figura B.6 – Resultados TRACE700, Necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento, Edifício B, Medida – Película e UTAN com Recuperador de Calor**



**Anexo C – Medidas de eficiência, simulações nominais, Fichas TRACE700**

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY				
By Trane				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	60,084	18.7 %	205,065	180,269
Other Htg Accessories	8,176	2.6 %	27,906	24,532
<b>Heating Subtotal</b>	<b>68,260</b>	<b>21.3 %</b>	<b>232,971</b>	<b>204,800</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	13,187	4.1 %	45,007	39,565
Tower/Cond Fans	7,382	2.3 %	25,194	22,147
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	2,103	0.7 %	7,179	6,311
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>22,672</b>	<b>7.1 %</b>	<b>77,380</b>	<b>68,023</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	37,430	11.7 %	127,750	112,302
Pumps	316	0.1 %	1,079	949
Stand-alone Base Utilities	14,203	4.4 %	48,476	42,615
Aux Subtotal....	51,950	16.2 %	177,305	155,866
<b>Lighting</b>				
Lighting	80,249	25.0 %	273,890	240,772
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	97,892	30.5 %	334,107	293,707
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>321,024</b>	<b>100.0 %</b>	<b>1,095,654</b>	<b>963,167</b>

**Figura C.1 – Resultados TRACE700, Simulação Nominal, Edifício B, Escritórios, Película**

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name:  
Dataset Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Simulações nominais - Medidas\Película\IEE - Edif B - Nominal\PT - Edif B - Coimbra - nom.trcTRACE® 700 v6.1.2 calculated at 06:14 PM on 01/26/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY				
By Trane				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	1,492	9.2 %	5,092	4,476
Other Htg Accessories	5,594	34.4 %	19,093	16,784
<b>Heating Subtotal</b>	<b>7,086</b>	<b>43.6 %</b>	<b>24,185</b>	<b>21,260</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	794	4.9 %	2,710	2,382
Tower/Cond Fans	488	3.0 %	1,666	1,465
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	375	2.3 %	1,279	1,124
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>1,657</b>	<b>10.2 %</b>	<b>5,655</b>	<b>4,972</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	2,250	13.8 %	7,679	6,750
Pumps	169	1.0 %	576	506
Stand-alone Base Utilities		0.0 %	0	0
Aux Subtotal....	2,419	14.9 %	8,255	7,257
<b>Lighting</b>				
Lighting	3,644	22.4 %	12,438	10,934
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	1,467	9.0 %	5,007	4,401
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>16,273</b>	<b>100.0 %</b>	<b>55,540</b>	<b>48,824</b>

**Figura C.2 – Resultados TRACE700, Simulação Nominal, Edifício B, Pequena Loja, Película**

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name:  
Dataset Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Simulações nominais - Medidas\Película\IEE - Loja - Nominal\Loja - Nominal.trcTRACE® 700 v6.1.2 calculated at 06:17 PM on 01/26/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

<div>ENERGY CONSUMPTION SUMMARY</div> <div>By Trane</div>				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	18,250	5.9 %	62,287	54,755
Other Htg Accessories	4,811	1.6 %	16,421	14,435
<b>Heating Subtotal</b>	<b>23,061</b>	<b>7.4 %</b>	<b>78,708</b>	<b>69,190</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	29,951	9.6 %	102,222	89,861
Tower/Cond Fans	8,582	2.8 %	29,291	25,750
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	1,107	0.4 %	3,779	3,322
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>39,640</b>	<b>12.8 %</b>	<b>135,293</b>	<b>118,933</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	55,696	17.9 %	190,092	167,106
Pumps	196	0.1 %	670	589
Stand-alone Base Utilities	14,203	4.6 %	48,476	42,615
Aux Subtotal....	70,096	22.5 %	239,238	210,310
<b>Lighting</b>				
Lighting	80,249	25.8 %	273,890	240,772
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	97,892	31.5 %	334,107	293,707
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>310,939</b>	<b>100.0 %</b>	<b>1,061,236</b>	<b>932,911</b>

Figura C.3 – Resultados TRACE700, Simulação Nominal, Edifício B, Escritórios, UTAN com Recuperador de calor

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Simulações nominais - Medidas\UTAN\IEE - Edif B - Nominal\PT - Edif B - Coimbra - nom.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 06:54 PM on 01/26/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

<div>ENERGY CONSUMPTION SUMMARY</div> <div>By Trane</div>				
	Elect Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
<b>Alternative 1</b>				
<b>Primary heating</b>				
Primary heating	1,040	6.5 %	3,548	3,119
Other Htg Accessories	5,511	34.5 %	18,807	16,533
<b>Heating Subtotal</b>	<b>6,550</b>	<b>41.0 %</b>	<b>22,355</b>	<b>19,652</b>
<b>Primary cooling</b>				
Cooling Compressor	908	5.7 %	3,100	2,725
Tower/Cond Fans	483	3.0 %	1,648	1,448
Condenser Pump		0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	438	2.7 %	1,493	1,313
<b>Cooling Subtotal....</b>	<b>1,829</b>	<b>11.5 %</b>	<b>6,241</b>	<b>5,486</b>
<b>Auxiliary</b>				
Supply Fans	2,249	14.1 %	7,676	6,748
Pumps	227	1.4 %	775	681
Stand-alone Base Utilities		0.0 %	0	0
Aux Subtotal....	2,476	15.5 %	8,451	7,429
<b>Lighting</b>				
Lighting	3,644	22.8 %	12,438	10,934
<b>Receptacle</b>				
Receptacles	1,467	9.2 %	5,007	4,401
<b>Cogeneration</b>				
Cogeneration		0.0 %	0	0
<b>Totals</b>				
<b>Totals**</b>	<b>15,966</b>	<b>100.0 %</b>	<b>54,491</b>	<b>47,902</b>

Figura C.4 – Resultados TRACE700, Simulação Nominal, Edifício B, Pequena Loja, UTAN com Recuperador de calor

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Simulações nominais - Medidas\UTAN\IEE - Loja - Nominal\Loja - Nominal.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 06:57 PM on 01/26/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY					
By Trane					
	Elect Cons. (kWh)		% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
Alternative 1					
Primary heating					
Primary heating	25,733		8.7 %	87,825	77,205
Other Htg Accessories	5,347		1.8 %	18,248	16,042
Heating Subtotal	31,079		10.5 %	106,073	93,247
Primary cooling					
Cooling Compressor	12,561		4.2 %	42,869	37,685
Tower/Cond Fans	5,980		2.0 %	20,410	17,942
Condenser Pump			0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	543		0.2 %	1,853	1,629
Cooling Subtotal...	19,084		6.4 %	65,133	57,257
Auxiliary					
Supply Fans	54,613		18.4 %	186,394	163,855
Pumps	178		0.1 %	606	533
Stand-alone Base Utilities	14,203		4.8 %	48,476	42,615
Aux Subtotal....	68,994		23.2 %	235,477	207,003
Lighting					
Lighting	80,249		27.0 %	273,890	240,772
Receptacle					
Receptacles	97,892		32.9 %	334,107	293,707
Cogeneration					
Cogeneration			0.0 %	0	0
Totals					
Totals**	297,299		100.0 %	1,014,680	891,985

**Figura C.5 – Resultados TRACE700, Simulação Nominal, Edifício B, Escritórios, Película e UTAN com Rec. de calor**

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Simulapões nominais - Medidas\UTAN+Película\IEE - Edif B - Nominal\PT - Edif B - Coimbra - nom.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 07:12 PM on 01/26/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY					
By Trane					
	Elect Cons. (kWh)		% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
Alternative 1					
Primary heating					
Primary heating	1,043		6.7 %	3,561	3,130
Other Htg Accessories	5,520		35.2 %	18,839	16,561
Heating Subtotal	6,563		41.9 %	22,400	19,691
Primary cooling					
Cooling Compressor	703		4.5 %	2,401	2,111
Tower/Cond Fans	435		2.8 %	1,486	1,306
Condenser Pump			0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	378		2.4 %	1,289	1,133
Cooling Subtotal...	1,516		9.7 %	5,176	4,550
Auxiliary					
Supply Fans	2,258		14.4 %	7,707	6,775
Pumps	226		1.4 %	770	677
Stand-alone Base Utilities			0.0 %	0	0
Aux Subtotal....	2,484		15.9 %	8,477	7,452
Lighting					
Lighting	3,644		23.3 %	12,438	10,934
Receptacle					
Receptacles	1,467		9.4 %	5,007	4,401
Cogeneration					
Cogeneration			0.0 %	0	0
Totals					
Totals**	15,674		100.0 %	53,497	47,028

**Figura C.6 – Resultados TRACE700, Simulação Nominal, Edifício B, Pequena Loja, Película e UTAN com Rec. de calor**

\* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value.

\*\* Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.

Project Name: C:\Users\PC2009\Desktop\Simulapões nominais - Medidas\UTAN+Película\IEE - Loja - Nominal\Loja - Nominal.trc

TRACE® 700 v6.1.2 calculated at 07:02 PM on 01/26/2010  
Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1